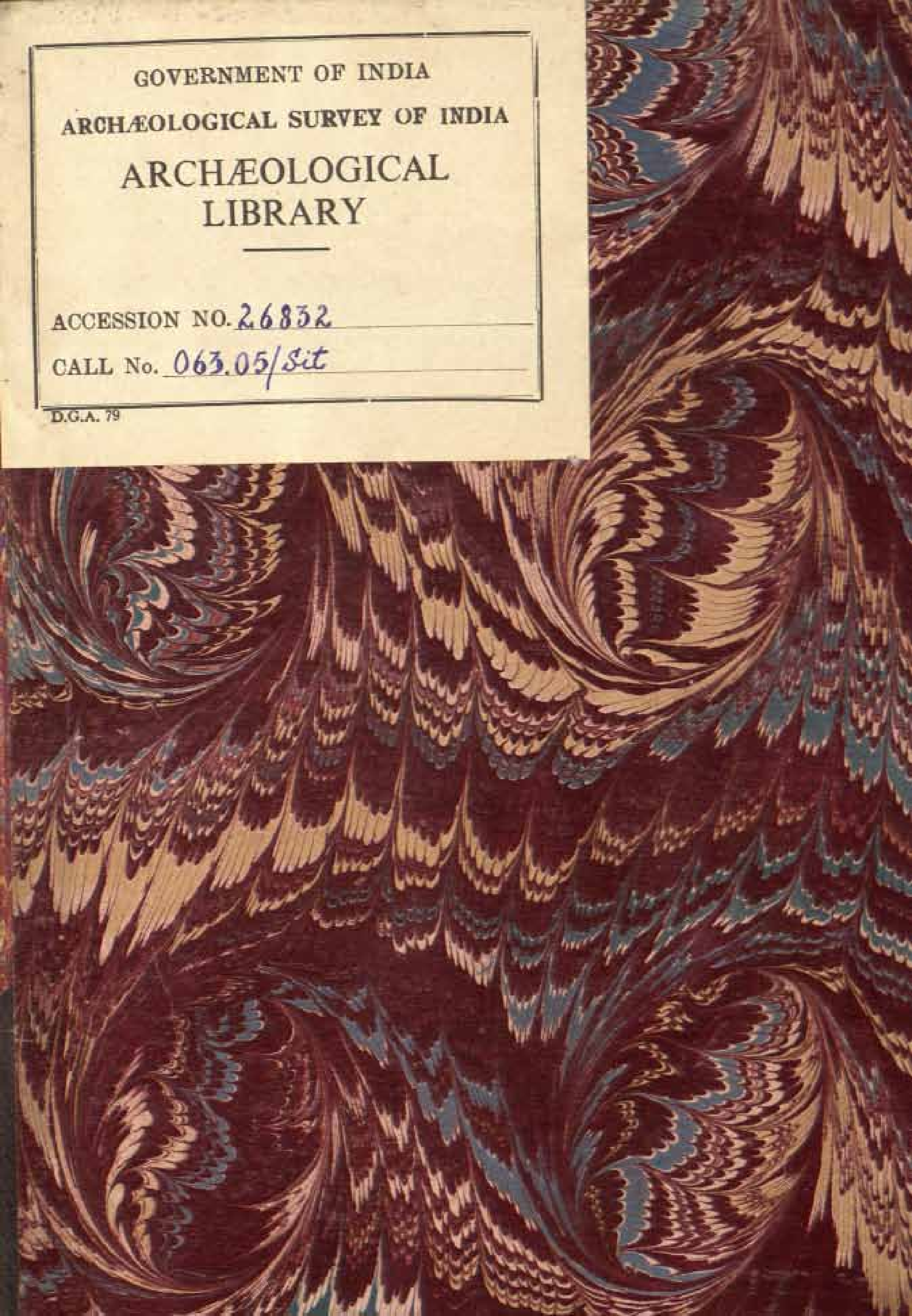
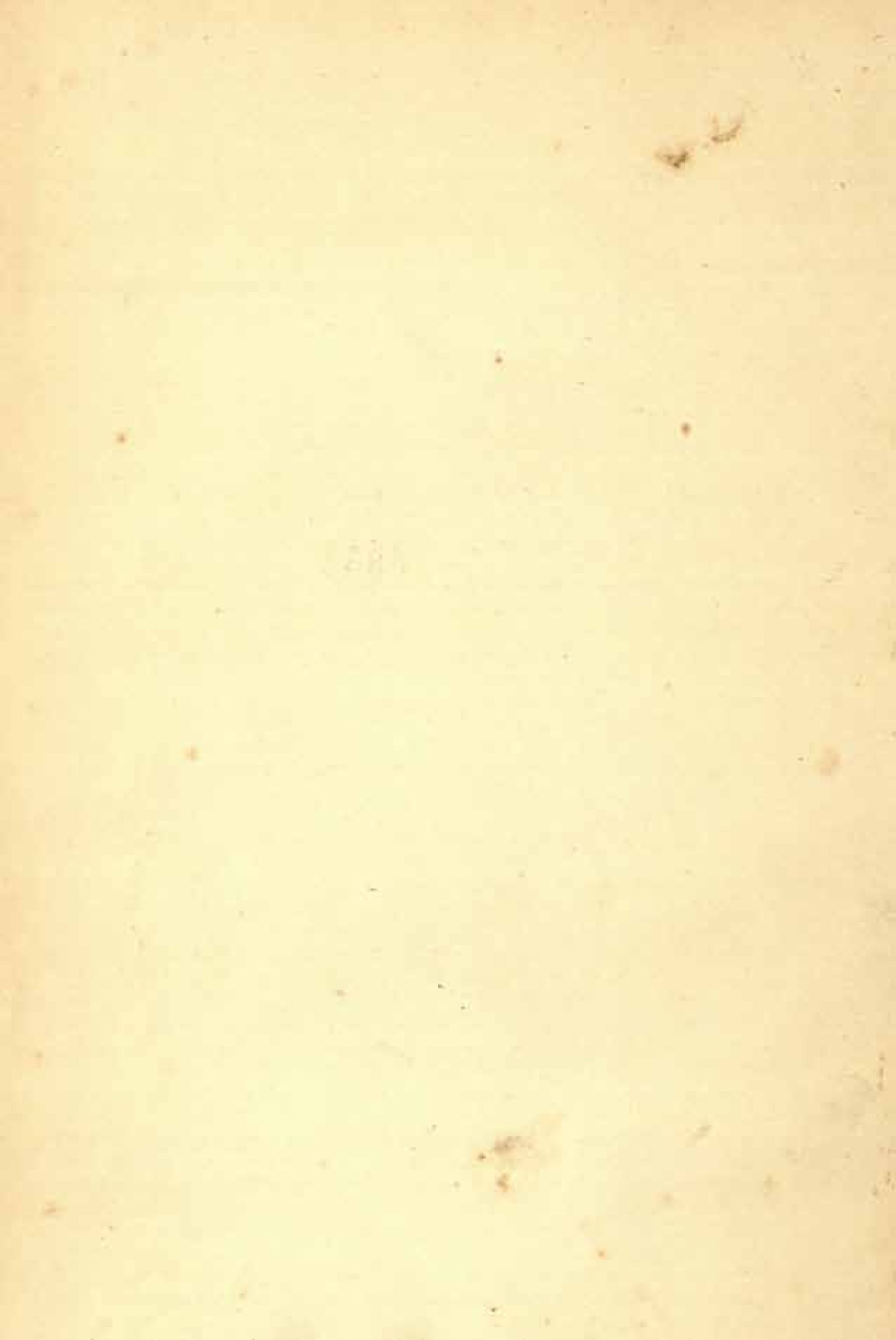






SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

JAHRGANG 1913



ERSTER HALBBAND. JANUAR BIS JUNI

STÜCK I—XXXII MIT FÜNF TAFELN
UND DEM VERZEICHNISS DER MITGLIEDER AM 1. JANUAR 1913

BERLIN 1913
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN COMMISSION BEI GEORG REIMER

INHALT.

Inhalt.

VERZEICHNISS

DER

MITGLIEDER DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

AM 1. JANUAR 1913.

I. BESTÄNDIGE SECRETARE.

	Gewählt von der	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Diels*	phil.-hist. Classe	1895 Nov. 27.
- *Waldeyer*	phys.-math. -	1896 Jan. 20.
- *Roethe*	phil.-hist. -	1911 Aug. 29.
- *Planck*	phys.-math. -	1912 Juni 19.

II. ORDENTLICHE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
Hr. *Arthur von Auwers*		1866 Aug. 18.
	Hr. *Alexander Conze*	1877 April 23.
- *Simon Schwendener*		1879 Juli 13.
	- *Hermann Diels*	1881 Aug. 15.
- *Wilhelm Waldeyer*		1884 Febr. 18.
	- *Heinrich Brunner*	1884 April 9.
- *Franz Eilhard Schulze*		1884 Juni 21.
	- *Otto Hirschfeld*	1885 März 9.
	- *Eduard Sachau*	1887 Jan. 24.
	- *Gustav von Schmoller*	1887 Jan. 24.
- *Adolf Engler*		1890 Jan. 29.
	- *Adolf Harnack*	1890 Febr. 10.
- *Hermann Amandus Schwarz*		1892 Dec. 19.
- *Georg Frobenius*		1893 Jan. 14.
- *Emil Fischer*		1893 Febr. 6.
- *Oskar Hertwig*		1893 April 17.
- *Max Planck*		1894 Juni 11.
	- *Karl Stumpf*	1895 Febr. 18.
	- *Erich Schmidt*	1895 Febr. 18.
	- *Adolf Erman*	1895 Febr. 18.
- *Emil Warburg*		1895 Aug. 13.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Reinhold Koser*	1896 Juli 12.
	- *Max Lenz*	1896 Dec. 14.
	- *Ulrich von Wilamowitz-Moellendorff*	1899 Aug. 2.
Hr. *Wilhelm Branca*		1899 Dec. 18.
- *Robert Helmert*		1900 Jan. 31.
- *Heinrich Müller-Breslau*		1901 Jan. 14.
	- *Heinrich Dressel*	1902 Mai 9.
	- *Konrad Burdach*	1902 Mai 9.
- *Friedrich Schottky*		1903 Jan. 5.
	- *Gustav Roethe*	1903 Jan. 5.
	- *Dietrich Schäfer*	1903 Aug. 4.
	- *Eduard Meyer*	1903 Aug. 4.
	- *Wilhelm Schulze*	1903 Nov. 16.
	- *Alois Brandl*	1904 April 3.
- *Hermann Struve*		1904 Aug. 29.
- *Hermann Zimmermann*		1904 Aug. 29.
- *Adolf Martens*		1904 Aug. 29.
- *Walther Nernst*		1905 Nov. 24.
- *Max Rubner*		1906 Dec. 2.
- *Johannes Orth*		1906 Dec. 2.
- *Albrecht Penck*		1906 Dec. 2.
	- *Friedrich Müller*	1906 Dec. 24.
	- *Andreas Heusler*	1907 Aug. 8.
- *Heinrich Rubens*		1907 Aug. 8.
- *Theodor Liebisch*		1908 Aug. 3.
	- *Eduard Seler*	1908 Aug. 24.
	- *Heinrich Lüders*	1909 Aug. 5.
	- *Heinrich Morf*	1910 Dec. 14.
- *Gottlieb Haberlandt*		1911 Juli 3.
	- *Kuno Meyer*	1911 Juli 3.
	- *Benno Erdmann*	1911 Juli 25.
- *Gustav Hellmann*		1911 Dec. 2.
	- *Emil Seckel*	1912 Jan. 4.
	- *Johann Jakob Maria de Groot*	1912 Jan. 4.
	- *Eduard Norden*	1912 Juni 14.
- *Karl Schwarzschild*		1912 Juni 14.
	- *Karl Schuchhardt*	1912 Juli 9.
- *Ernst Beckmann*		1912 Dec. 11.

(Die Adressen der Mitglieder s. S. IX.)

III. AUSWÄRTIGE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe	Philosophisch-historische Classe	Datum der Königlichen Bestätigung
	Hr. *Theodor Nöldeke* in Strassburg	1900 März 5.
	- *Friedrich Imhoof-Blumer* in Winterthur	1900 März 5.
	- *Pasquale Villari* in Florenz	1900 März 5.
Hr. *Wilhelm Hittorf* in Münster i. W.		1900 März 5.
- *Eduard Suess* in Wien		1900 März 5.
- *Adolf von Baeyer* in München		1905 Aug. 12.
	- *Vatroslav von Jagić* in Wien	1908 Sept. 25.
	- *Panagiotis Kabbadias* in Athen	1908 Sept. 25.
Lord *Rayleigh* in Witham, Essex		1910 April 6.
	- *Hugo Schuchardt* in Graz	1912 Sept. 15.

IV. EHRENMITGLIEDER.

	Datum der Königlichen Bestätigung
Earl *of Crawford and Balcarres* in Haigh Hall, Wigan	1883 Juli 30.
Hr. *Max Lehmann* in Göttingen	1887 Jan. 24.
Hugo Graf *von und zu Lerchenfeld* in Berlin	1900 März 5.
Hr. *Richard Schöne* in Berlin-Grunewald	1900 März 5.
Frau *Elise Wentzel* geb. *Heckmann* in Berlin	1900 März 5.
Hr. *Konrad von Studt* in Hannover	1900 März 17.
- *Andrew Dickson White* in Ithaca, N. Y.	1900 Dec. 12.
Bernhard Fürst *von Bülow* in Rom	1910 Jan. 31.
Hr. *Heinrich Wölfflin* in München	1910 Dec. 14.

V. CORRESPONDIRENDE MITGLIEDER.

Physikalisch-mathematische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Ernst Wilhelm Benecke* in Strassburg	1900 Febr. 8.
- *Oskar Brefeld* in Berlin-Lichterfelde	1899 Jan. 19.
- *Heinrich Bruns* in Leipzig	1906 Jan. 11.
- *Otto Bütschli* in Heidelberg	1897 März 11.
- *Karl Chun* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Giacomo Ciamician* in Bologna	1909 Oct. 28.
- *Gaston Darboux* in Paris	1897 Febr. 11.
- *William Morris Davis* in Cambridge, Mass.	1910 Juli 28.
- *Richard Dedekind* in Braunschweig	1880 März 11.
- *Nils Christofer Dunér* in Uppsala	1900 Febr. 22.
- *Ernst Ehlers* in Göttingen	1897 Jan. 21.
Roland Baron *Eötvös* in Budapest	1910 Jan. 6.
Hr. *Max Fürbringer* in Heidelberg	1900 Febr. 22.
Sir *Archibald Geikie* in Haslemere, Surrey	1889 Febr. 21.
- *David Gill* in London	1890 Juni 5.
Hr. *Camillo Golgi* in Pavia	1911 Dec. 21.
- *Karl Graebe* in Frankfurt a. M.	1907 Juni 13.
- *Ludwig von Graff* in Graz	1900 Febr. 8.
- *Julius von Hann* in Wien	1889 Febr. 21.
- *Viktor Hensen* in Kiel	1898 Febr. 24.
- *Richard von Hertwig* in München	1898 April 28.
Sir *Victor Horsley* in London	1910 Juli 28.
Hr. *Adolf von Koenen* in Göttingen	1904 Mai 5.
- *Leo Koenigsberger* in Heidelberg	1893 Mai 4.
- *Wilhelm Körner* in Mailand	1909 Jan. 7.
- *Friedrich Küstner* in Bonn	1910 Oct. 27.
- *Henry Le Chatelier* in Paris	1905 Dec. 14.
- *Philipp Lenard* in Heidelberg	1909 Jan. 21.
- *Gabriel Lippmann* in Paris	1900 Febr. 22.
- *Hendrik Antoon Lorentz* in Haarlem	1905 Mai 4.
- *Hubert Ludwig* in Bonn	1898 Juli 14.
- *Felix Marchand* in Leipzig	1910 Juli 28.
- *Friedrich Merkel* in Göttingen	1910 Juli 28.
- *Franz Mertens* in Wien	1900 Febr. 22.
- *Henrik Mohn* in Christiania	1900 Febr. 22.

Physikalisch-mathematische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Alfred Gabriel Nathorst* in Stockholm	1900 Febr. 8.
- *Karl Neumann* in Leipzig	1893 Mai 4.
- *Max Noether* in Erlangen	1896 Jan. 30.
- *Wilhelm Ostwald* in Gross-Bothen, Kgr. Sachsen	1905 Jan. 12.
- *Wilhelm Pfeffer* in Leipzig	1889 Dec. 19.
- *Émile Picard* in Paris	1898 Febr. 24.
- *Edward Charles Pickering* in Cambridge, Mass.	1906 Jan. 11.
- *Georg Quincke* in Heidelberg	1879 März 13.
- *Ludwig Radlkofer* in München	1900 Febr. 8.
Sir *William Ramsay* in London	1896 Oct. 29.
Hr. *Gustaf Retzius* in Stockholm	1893 Juni 1.
- *Theodore William Richards* in Cambridge, Mass.	1909 Oct. 28.
- *Wilhelm Konrad Röntgen* in München	1896 März 12.
- *Heinrich Rosenbusch* in Heidelberg	1887 Oct. 20.
- *Georg Ossian Sars* in Christiania	1898 Febr. 24.
- *Oswald Schmiedeberg* in Strassburg	1910 Juli 28.
- *Gustav Schwalbe* in Strassburg	1910 Juli 28.
- *Hugo von Seeliger* in München	1906 Jan. 11.
Hermann Graf *zu Solms-Laubach* in Strassburg	1899 Juni 8.
Hr. *Johann Wilhelm Spengel* in Giessen	1900 Jan. 18.
- *Johannes Strüver* in Rom	1900 Febr. 8.
Sir *Joseph John Thomson* in Cambridge	1910 Juli 28.
Hr. *Gustav von Tschermak* in Wien	1881 März 3.
Sir *William Turner* in Edinburg	1898 März 10.
Hr. *Woldemar Voigt* in Göttingen	1900 März 8.
- *Johannes Diderik van der Waals* in Amsterdam	1900 Febr. 22.
- *Otto Wallach* in Göttingen	1907 Juni 13.
- *Eugenius Warming* in Kopenhagen	1899 Jan. 19.
- *Heinrich Weber* in Strassburg	1896 Jan. 30.
- *August Weismann* in Freiburg i. Br.	1897 März 11.
- *Emil Wiechert* in Göttingen	1912 Febr. 8.
- *Wilhelm Wien* in Würzburg	1910 Juli 14.
- *Julius von Wiesner* in Wien	1899 Juni 8.

Philosophisch-historische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *Karl von Amira* in München	1900 Jan. 18.
- *Ernst Immanuel Bekker* in Heidelberg	1897 Juli 29.
- *Friedrich von Bezold* in Bonn	1907 Febr. 14.
- *Eugen Bormann* in Wien	1902 Juli 24.
- *Émile Boutroux* in Paris	1908 Febr. 27.
- *James Henry Breasted* in Chicago	1907 Juni 13.
- *Harry Bresslau* in Strassburg	1912 Mai 9.
- *Ingram Bywater* in London	1887 Nov. 17.
- *René Cagnat* in Paris	1904 Nov. 3.
- *Arthur Chuquet* in Villemomble (Seine)	1907 Febr. 14.
- *Franz Cumont* in Brüssel	1911 April 27.
- *Samuel Rolles Driver* in Oxford	1910 Dec. 8.
- *Louis Duchesne* in Rom	1893 Juli 20.
- *Julius Euting* in Strassburg	1907 Juni 13.
- *Paul Foucart* in Paris	1884 Juli 17.
- *James George Frazer* in Cambridge	1911 April 27.
- *Wilhelm Fröhner* in Paris	1910 Juni 23.
- *Percy Gardner* in Oxford	1908 Oct. 29.
- *Ignaz Goldziher* in Budapest	1910 Dec. 8.
- *Francis Llewellyn Griffith* in Oxford	1900 Jan. 18.
- *Ignazio Guidi* in Rom	1904 Dec. 15.
- *Georgios N. Hatzidakis* in Athen	1900 Jan. 18.
- *Albert Hauck* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Bernard Haussoullier* in Paris	1907 Mai 2.
- *Barclay Vincent Head* in London	1908 Oct. 29.
- *Johan Ludvig Heiberg* in Kopenhagen	1896 März 12.
- *Karl Theodor von Heigel* in München	1904 Nov. 3.
- *Antoine Héron de Villefosse* in Paris	1893 Febr. 2.
- *Léon Heuzey* in Paris	1900 Jan. 18.
- *Harald Hjärne* in Uppsala	1909 Febr. 25.
- *Maurice Holleaux* in Paris	1909 Febr. 25.
- *Edvard Holm* in Kopenhagen	1904 Nov. 3.
- *Théophile Homolle* in Athen	1887 Nov. 17.
- *Christian Hülsen* in Florenz	1907 Mai 2.
- *Hermann Jacobi* in Bonn	1911 Febr. 9.
- *Adolf Jülicher* in Marburg	1906 Nov. 1.
- *Frederic George Kenyon* in London	1900 Jan. 18.
- *Georg Friedrich Knapp* in Strassburg	1893 Dec. 14.
- *Basil Latyschew* in St. Petersburg	1891 Juni 4.
- *Friedrich Leo* in Göttingen	1906 Nov. 1.
- *August Leskien* in Leipzig	1900 Jan. 18.
- *Friedrich Loofs* in Halle a. S.	1904 Nov. 3.
- *Giacomo Lumbroso* in Rom	1874 Nov. 12.
- *Arnold Luschin von Ebengreuth* in Graz	1904 Juli 21.

Philosophisch-historische Classe.

	Datum der Wahl
Hr. *John Pentland Mahaffy* in Dublin	1900 Jan. 18.
- *Gaston Maspero* in Paris	1897 Juli 15.
- *Wilhelm Meyer-Lübke* in Wien	1905 Juli 6.
- *Ludwig Mitteis* in Leipzig	1905 Febr. 16.
- *Axel Olrik* in Kopenhagen	1911 April 27.
- *Georges Perrot* in Paris	1884 Juli 17.
- *Edmond Pottier* in Paris	1908 Oct. 29.
- *Franz Praetorius* in Breslau	1910 Dec. 8.
- *Wilhelm Radloff* in St. Petersburg	1895 Jan. 10.
- *Pio Rajna* in Florenz	1909 März 11.
- *Moriz Ritter* in Bonn	1907 Febr. 14.
- *Karl Robert* in Halle a. S.	1907 Mai 2.
- *Edward Schröder* in Göttingen	1912 Juli 11.
- *Richard Schroeder* in Heidelberg	1900 Jan. 18.
- *Eduard Schwartz* in Freiburg i. Br.	1907 Mai 2.
- *Émile Senart* in Paris	1900 Jan. 18.
- *Eduard Sievers* in Leipzig	1900 Jan. 18.
Sir *Edward Maunde Thompson* in London	1895 Mai 2.
Hr. *Vilhelm Thomsen* in Kopenhagen	1900 Jan. 18.
- *Ernst Troeltsch* in Heidelberg	1912 Nov. 21.
- *Paul Vinogradoff* in Oxford	1911 Juni 22.
- *Girolamo Vitelli* in Florenz	1897 Juli 15.
- *Jakob Wackernagel* in Göttingen	1911 Jan. 19.
- *Julius Wellhausen* in Göttingen	1900 Jan. 18.
- *Adolf Wilhelm* in Wien	1911 April 27.
- *Ludvig Wimmer* in Kopenhagen	1891 Juni 4.
- *Wilhelm Windelband* in Heidelberg	1903 Febr. 5.
- *Wilhelm Wundt* in Leipzig	1900 Jan. 18.

INHABER DER HELMHOLTZ-MEDAILLE.

Hr. *Santiago Ramón y Cajal* in Madrid (1904).
- *Emil Fischer* in Berlin (1908).

INHABER DER LEIBNIZ-MEDAILLE.

a. Der Medaille in Gold.

Hr. *James Simon* in Berlin (1907).
- *Ernest Solvay* in Brüssel (1909).
- *Henry T. von Böttinger* in Elberfeld (1909).

Joseph Florimond Duc *de Loubat* in Paris (1910).
Hr. *Hans Meyer* in Leipzig (1911).
Frl. *Elise Koenigs* in Berlin (1912).

b. Der Medaille in Silber.

Hr. *Karl Alexander von Martius* in Berlin (1907).
- *A. F. Lindemann* in Sidmouth, England (1907).
- *Johannes Bolte* in Berlin (1910).
- *Karl Zeumer* in Berlin (1910).
- *Albert von Le Coq* in Berlin (1910).
- *Johannes Ilberg* in Wurzen (1910).
- *Max Wellmann* in Potsdam (1910).
- *Robert Koldewey* in Babylon (1910).
- *Gerhard Hessenberg* in Breslau (1910).
- *Werner Janensch* in Berlin (1911).
- *Hans Osten* in Leipzig (1911).
- *Robert Davidsohn* in Florenz (1912).
- *N. de Garis Davies* in Kairo (1912).
- *Edwin Hennig* in Berlin (1912).
- *Hugo Rabe* in Hannover (1912).

BEAMTE DER AKADEMIE.

Bibliothekar und Archivar der Akademie: Dr. *Köhnke*, Prof.
Archivar und Bibliothekar der Deutschen Commission: Dr. *Behrend*.
Wissenschaftliche Beamte: Dr. *Dessau*, Prof. — Dr. *Harms*, Prof. — Dr. *von Fritze*. — Dr. *Karl Schmidt*, Prof. — Dr. Frhr. *Hiller von Gaertringen*, Prof. — Dr. *Ritter*. — Dr. *Apstein*, Prof. — Dr. *Paetsch*.

WOHNUNGEN DER ORDENTLICHEN MITGLIEDER UND DER BEAMTEN.

Hr. Dr. *von Auwers*, Prof., Wirkl. Geh. Oberregierungsrath, Lichterfelde-West, Bellevuestr. 55.
- - *Beckmann*, Prof., Geh. Regierungsrath, Dahlem (Post: Lichterfelde-West), Thielallee 67.
- - *Branca*, Prof., Geh. Bergrath, Schaperstr. 15. W 15.
- - *Brandl*, Prof., Geh. Regierungsrath, Kaiserin Augusta-Str. 73. W 10.
- - *Brunner*, Prof., Wirkl. Geh. Rath, Lutherstr. 36. W 62.
- - *Burdach*, Prof., Geh. Regierungsrath, Grunewald, Schleinitzstr. 6.
- - *Conze*, Professor, Grunewald, Wangenheimstr. 17.
- - *Diels*, Prof., Geh. Oberregierungsrath, Nürnberger Str. 65. W 50.
- - *Dressel*, Professor, Kronenstr. 16. W 8.
- - *Engler*, Prof., Geh. Oberregierungsrath, Dahlem (Post: Steglitz), Altensteinstr. 2.
- - *Erdmann*, Prof., Geh. Regierungsrath, Dahlem (Post: Lichterfelde-West), Liebensteinstr. 1.
- - *Erman*, Prof., Geh. Regierungsrath, Dahlem (Post: Steglitz), Peter Lenné-Str. 36.
- - *Fischer*, Prof., Wirkl. Geh. Rath, Hessische Str. 2. N 4.
- - *Frobenius*, Prof., Geh. Regierungsrath, Charlottenburg 2, Leibnizstr. 83.
- - *de Groot*, Prof., Geh. Regierungsrath, Lichterfelde-West, Dahlemer Str. 69.
- - *Haberlandt*, Prof., Geh. Regierungsrath, Charlottenburg 5, Lietzenseeufer 1.
- - *Harnack*, Prof., Wirkl. Geh. Rath, Grunewald, Kunz Buntschuh-Str. 2.
- - *Hellmann*, Prof., Geh. Regierungsrath, Margarethenstr. 2/3. W 10.
- - *Helmert*, Prof., Geh. Oberregierungsrath, Potsdam, Geodätisches Institut.
- - *Hertwig*, Prof., Geh. Medicinalrath, Grunewald, Wangenheimstr. 28
- - *Heusler*, Professor, Victoria Luise-Platz 12. W 30.
- - *Hirschfeld*, Prof., Geh. Regierungsrath, Charlottenburg 2, Mommsenstr. 6.
- - *Koser*, Wirkl. Geh. Oberregierungsrath, Charlottenburg 2, Carmerstr. 10.
- - *Lenz*, Prof., Geh. Regierungsrath, Augsburger Str. 39. W 50.
- - *Liebisch*, Prof., Geh. Bergrath, Westend, Leistikowstr. 2.
- - *Lüders*, Professor, Charlottenburg 4, Sybelstr. 20.
- - *Martens*, Prof., Geh. Oberregierungsrath, Dahlem (Post: Lichterfelde-West), Fontanestr. 22.
- - *Meyer, Eduard*, Professor, Lichterfelde-West, Mommsenstr. 7/8.
- - *Meyer, Kuno*, Professor, Charlottenburg 4, Niebuhrstr. 11a.
- - *Morf*, Professor, Halensee, Kurfürstendamm 100.
- - *Müller*, Professor, Zehlendorf, Berliner Str. 14.
- - *Müller-Breslau*, Prof., Geh. Regierungsrath, Grunewald, Kurmärkerstr. 8.
- - *Nernst*, Prof., Geh. Regierungsrath, Am Karlsbald 26a. W 35.

Hr. Dr. *Norden*, Prof., Geh. Regierungsrath, Lichterfelde-West, Karlstr. 26.
- - *Orth*, Prof., Geh. Medicinalrath, Grunewald, Humboldtstr. 16.
- - *Penck*, Prof., Geh. Regierungsrath, Knesebeckstr. 48/49. W 15.
- - *Planck*, Prof., Geh. Regierungsrath, Grunewald, Wangenheimstr. 21.
- - *Roethe*, Prof., Geh. Regierungsrath, Westend, Ahornallee 39.
- - *Rubens*, Prof., Geh. Regierungsrath, Neue Wilhelmstr. 16. NW 7.
- - *Rubner*, Prof., Geh. Medicinal-Rath, Kurfürstendamm 241. W 50.
- - *Sachau*, Prof., Geh. Oberregierungsrath, Wormser Str. 12. W 62.
- - *Schäfer*, Prof., Grossherzogl. Badischer Geh. Rath, Steglitz, Friedrichstr. 7.
- - *Schmidt*, Prof., Geh. Regierungsrath, Augsburger Str. 43. W 50.
- - *von Schmoller*, Prof., Wirkl. Geh. Rath, Wormser Str. 13. W 62.
- - *Schottky*, Prof., Geh. Regierungsrath, Steglitz, Fichtestr. 12a.
- - *Schuchhardt*, Prof., Geh. Regierungsrath, Lichterfelde-Ost, Teltower Str. 139.
- - *Schulze, Franz Eilhard*, Prof., Geh. Regierungsrath, Invalidenstr. 43. N 4.
- - *Schulze, Wilhelm*, Prof., Geh. Regierungsrath, Kaiserin Augusta-Str. 72. W 10.
- - *Schwarz*, Prof., Geh. Regierungsrath, Grunewald, Humboldtstr. 33.
- - *Schwarzschild*, Professor, Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
- - *Schwendener*, Prof., Geh. Regierungsrath, Matthäikirchstr. 28. W 10.
- - *Seckel*, Prof., Geh. Justizrath, Charlottenburg 5, Witzlebenplatz 3.
- - *Seler*, Professor, Steglitz, Kaiser Wilhelm-Str. 3.
- - *Struve*, Prof., Geh. Regierungsrath, Enckeplatz 3a. SW 48.
- - *Stumpf*, Prof., Geh. Regierungsrath, Augsburger Str. 45. W 50.
- - *Waldeyer*, Prof., Geh. Obermedicinalrath, Lutherstr. 35. W 62.
- - *Warburg*, Professor, Charlottenburg 2, Marchstr. 25b.
- - *von Wilamowitz-Moellendorff*, Prof., Wirkl. Geh. Rath, Westend, Eichenallee 12.
- - *Zimmermann*, Wirkl. Geh. Oberbaurath, Calvinstr. 4. NW 52.

Hr. Dr. *Apstein*, Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Flemingstr. 5. NW 52.
- - *Behrend*, Archivar und Bibliothekar der Deutschen Commission, Lichterfelde-West, Knesebeckstr. 8a.
- - *Dessau*, Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Charlottenburg 4, Leibnizstr. 57.
- - *von Fritze*, Wissenschaftlicher Beamter, Courbièrestr. 14. W 62.
- - *Harms*, Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Friedenau, Ringstr. 44.
- - Freiherr *Hiller von Gaertringen*, Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Westend, Ebereschenallee 11.
- - *Köhnke*, Professor, Bibliothekar und Archivar, Charlottenburg 2, Goethestr. 6.
- - *Paetsch*, Wissenschaftlicher Beamter, Nollendorfstr. 29/30. W 30.
- - *Ritter*, Wissenschaftlicher Beamter, Friedenau, Hertelstr. 3.
- - *Schmidt, Karl*, Professor, Wissenschaftlicher Beamter, Lutherstr. 34. W 62.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.
I.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

9. Januar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

1. Hr. Norden las: Aus Cicero's Werkstatt.

Es wurden Analysen einzelner Stellen aus Cicero's Schriften gegeben (Brutus, in Catilinam III, pro Caelio). Es liess sich zeigen, dass es sich um Dubletten handelt, deren Erklärung sich aus den eigenartigen Publicationsverhältnissen ciceronischer Schriften ergiebt.

2. Hr. Erman las über einen Fall abgekürzter Justiz in Aegypten. (Abh.)

Drei kleine Papyrus des Berliner Museums, die aus dem 11. Jahrhundert v. Chr. stammen, enthalten geheime Verfügungen eines Generals und Vertreters des Königs, wonach zwei Polizisten der thebanischen Gräberstadt ihrer Reden wegen verhaftet werden sollen. Man soll sie im Hause des Generals mit Zeugen ihrer Reden confrontiren, soll sie tödten und nachts in's Wasser werfen, ohne dass Jemand etwas davon erfährt.

3. Hr. von Wilamowitz-Moellendorff überreichte die 3. Auflage seiner »Reden und Vorträge« (Berlin 1913) und sein Werk »Sappho und Simonides« (Berlin 1913).

4. Hr. Kuno Meyer legte vor »Sanas Cormaic, an old Irish Glossary« (Halle a. S. 1912) und Mittheilungen »Aus dem Nachlass Heinrich Zimmers« (Sonderabdruck aus der Zeitschrift für celtische Philologie, Bd. IX, Halle a. S. 1913).

5. Zur Vorlage kam die von der Akademie unterstützte Ausgabe »Abu'l Barakāt Ibn Al-Anbārī«, hrsg. von G. Weil (Leiden 1913).

Aus Ciceros Werkstatt.

Von Eduard Norden.

In den letzten Jahren sind uns durch analytische Untersuchungen so wichtige Einblicke in die jenseits der Überlieferung liegende genetische Entstehungsgeschichte von Werken antiker Schriftsteller (Thukydides, Platons Gesetze, Aristoteles' Metaphysik, Lucrez, Juvenal) gewährt worden, daß der Versuch, diese Methode auf Schriften Ciceros anzuwenden, um so aussichtsreicher erscheint, als seine Briefe sowie die gelehrte Arbeit des Asconius uns ein Material an die Hand geben, das in seiner Reichhaltigkeit und Intimität im gesamten Altertum seinesgleichen nicht besitzt.

I.

Ein Zeugnis Ciceros über seinen Bildungsgang im 'Brutus'.

Von § 304 des 'Brutus' an gibt Cicero eine Darlegung seines Bildungsganges als Redner in der Weise, daß er, Jahr um Jahr vorschreitend, seine Studien mit den politischen Ereignissen kombiniert. Es ist nötig, seine eignen Worte (mit einigen Verkürzungen) anzuführen. 305 *sed me cupidissumum audiendi primus dolor percussit, Cotta cum est expulsus* (a. 90)*; reliquos frequenter audiens acerrumo studio tenebar cotidieque et scribens et legens et commentans oratoriis tamen exercitationibus contentus non eram. —* 306 *iam consequente anno* (89) *Q. Varius sua lege damnatus excesserat; ego autem ⟨in⟩ iuris civilis studio multum operae dabam Q. Scaevolae ... — atque huic anno proxumus* (88) *Sulla consule et Pompeio fuit. tum P. Sulpici in tribunatu cotidie contionantis totum genus dicendi penitus cognovimus; eodemque tempore* (88) *cum princeps Academiae Philo cum Atheniensium optumatibus Mithridatico bello domo profugisset Romamque venisset, totum me ei tradidi ... —* 307 *occiderat Sulpicius illo anno* (88) *tresque proxumo* (87) *trium aetatum oratores erant crudelissime interfecti Q. Catulus M. Antonius C. Iulius. eodem anno* (87) *etiam Moloni Rhodio Romae dedimus operam et actori summo causarum et magistro. haec etsi videntur esse a proposita oratione diversa, tamen idcirco a me proferuntur, ut nostrum cursum perspicere,*

quoniam voluisti, Brute, possis (nam Attico haec nota sunt) et videre, quem ad modum simus in spatio Q. Hortensium ipsius vestigiis persecuti. — 308 *triennium* (86—84) *fere fuit urbs sine armis . . . at vero ego hoc tempore omni noctes et dies in omnium doctrinarum meditatione versabar.* 309 *eram cum Stoico Diodoto . . .* 310 *commentabar declamitans . . .* 311 *tumultus interim* (82) *⟨in⟩ recuperanda re publica et crudelis interitus oratorum trium Scaevolae Carbonis Antisti . . . — tum primum nos ad causas et privatas et publicas adire coepimus, non ut in foro disceremus, quod plerique fecerunt, sed ut, quantum nos efficere potuissemus, docti in forum veniremus.* 312 *eodem tempore Moloni dedimus operam; dictatore enim Sulla* (81) *legatus ad senatum de Rhodiorum praemiis venerat. itaque prima causa pro Sex. Roscio dicta . . ., deinceps inde multae.* Hierauf geht er zu einem anderen Abschnitte seines Themas über.

Daß die doppelte Nennung des Molon in hohem Grade auffällig und in dieser Form überhaupt unmöglich sei, ist natürlich längst erkannt; aber die vorgeschlagenen Erklärungsversuche der Absonderlichkeit befriedigen nicht. Sie lassen sich in vier Gruppen teilen. Die einen lassen die Worte an beiden Stellen unangetastet unter der Annahme, daß Molon zweimal in Rom gewesen sei, das eine Mal im Jahre 87, das andere Mal 81[1]. Nun ist gegen die Möglichkeit, daß Molon im Jahre 87 den Poseidonios auf dessen Gesandtschaftsreise nach Rom (Plut. Mar. 45) begleitet haben könnte, nichts einzuwenden; im Gegenteil ließe sich dafür anführen, daß seine Wahl zum Führer einer Gesandtschaft im Jahre 81 um so begreiflicher ist, wenn er sechs Jahre vorher durch Teilnahme an einer solchen sich schon über die Verhältnisse in Rom orientiert hatte (so Drumann, a. a. O.). Aber für das in der Cicerostelle liegende eigentliche Problem wird durch die Konstatierung dieser Möglichkeit zunächst nichts gewonnen (auf anderem Wege kommen wir nachher darauf zurück). Denn er konnte die Worte *eodem anno etiam Moloni Rhodio Romae dedimus operam* ein paar Zeilen später durch *eodem tempore Moloni dedimus operam* unmöglich wiederholen, ohne durch ein 'iterum' oder dergleichen sich auf die ersteren zu beziehen[2]. Der Versuch aber, eine solche Beziehung durch Konjektur in den Text hineinzubringen, würde (auch abgesehen von der unerträglichen Wiederholung derselben Worte) daran scheitern, daß gar nicht einzusehen wäre, weshalb der Schriftsteller

[1] So Drumann-Groebe V 243, 14 und F. Marx bei A. Hillscher, Hominum litteratorum Graecorum .... hist. critica, Jahrb. f. Phil. XVIII (1891) 389, 2. Was F. Susemihl, Gesch. d. griech. Litt. II (1892) 491, 128 gegen diese Annahme einwendet, beruht auf einem Mißverständnis.

[2] Dies richtig Susemihl a. a. O.

das erste Mal die Anwesenheit Molons in Rom bloß konstatiere, das zweite Mal sie durch eine nähere Angabe begründe: eine solche Begründung wäre entweder beide Male oder überhaupt nicht zu erwarten gewesen. — Diesem konservativen Verhalten gegenüber steht das radikale, das der holländische Cicerokritiker I. Bake (1844) einleitete: er tilgte die Worte (*eodem — magistro*) an der ersten Stelle. Daß die Athetese in sämtliche seitdem erschienenen Ausgaben (Baiter-Kayser, Müller-Friedrich, Stangl, auch die Oxforder von A. S. Wilkins) mit einer gleich zu erwähnenden Ausnahme übergegangen ist, muß wundernehmen: denn man darf doch wohl fragen, wer in aller Welt auf den absonderlichen Einfall einer solchen Interpolation gekommen sein soll. War jene erstere Annahme eine Verlegenheitsauskunft, so ist diese zweite ein Akt der Verzweiflung. — Dasselbe muß drittens auch gelten von dem Versuche des französischen Herausgebers I. Martha (Paris 1892), der die erste Stelle mit der zweiten in der Weise zu vereinigen suchte, daß er jene von ihrem Platze rückte und mit dieser zu einer neuen Einheit verband, die nun mit Ciceros eignen Worten gar nichts mehr gemein hat. — Der einzige, der den richtigen Weg einschlug, war W. Kroll, der in seiner Bearbeitung der O. Jahnschen erklärenden Ausgabe des 'Brutus' (Berl. 1908) zu § 307 bemerkt: »es liegt wohl ein Flüchtigkeitsversehen vor«. Daß diese Vermutung das Richtige trifft, läßt sich, wie mir scheint, beweisen.

Ein Blick auf die entscheidenden Worte beider Stellen genügt, um zu erkennen, daß hier eine Dublette vorliegt, die auf den Autor selbst zurückgeht; zweifelhaft könnte beim ersten Zusehen nur sein, welche Stelle als primär zu gelten hat. Das Kriterion kann nur in dem festen oder lockeren Zusammenhange gesucht werden, in dem jeweilig die parallele Fassung steht. Nun ist der Gedankengang an der ersten Stelle ein ununterbrochen glatter. Die für die Entwicklung der forensischen Eloquenz besonders günstigen Ereignisse des Dezenniums vom Jahre 90 an werden mit der theoretischen Ausbildung, die der junge Cicero über dem Anhören der Praktiker des Forums nicht vernachlässigte, in Wechselwirkung gesetzt: der Unterricht bei Molon hat hier also seinen richtigen Platz, wie wenige Zeilen vorher und nachher der bei Philon und Diodotos. Im Gegensatze zu diesem festgefügten Gedankenbau wird der Gang der Darlegung an der zweiten Stelle eben durch die Erwähnung Molons unterbrochen. Was zusammengehört, ergibt sich sofort, wenn wir den störenden Satz in folgender Weise ausscheiden: *tum primum nos ad causas et privatas et publicas adire coepimus, non ut in foro disceremus, quod plerique fecerunt, sed ut, quantum nos efficere potuissemus, docti in forum veniremus.* | *eodem tempore Moloni dedimus operam; dictatore enim Sulla*

legatus ad senatum de Rhodiorum praemiis venerat. | *itaque prima causa publica pro Sex. Roscio dicta . . ., deinceps inde multae.* Dieser Tatbestand erklärt nun auch den Vorgang der Störung. Als Cicero die erste Stelle schrieb, irrte er, indem er die erste rhodische Gesandtschaft des Jahres 87 mit der zweiten des Jahres 81 verwechselte; ist dieser Irrtum schon an sich begreiflich, da er diese Skizze seines Bildungsganges etwa vier Jahrzehnte nach jenen Ereignissen niederschrieb, so würde sie noch begreiflicher sein, wenn, wie oben als möglich bezeichnet wurde, Molon auch an der Gesandtschaft des Jahres 87 teilgenommen hatte. Als er das μνημονικὸν ἁμάρτημα — so nennt er ein derartiges Versehen ad Att. XIII 44, 3 — bemerkte — sei es, daß er selbst durch eigne Revision, sei es, daß er erst durch ein Monitum des Atticus darauf aufmerksam geworden war: denn wenn irgendeine Schrift, so wird er gerade diese dem in allem Geschichtlichen so viel kundigeren Freunde vor der Veröffentlichung vorgelegt haben, da dessen annalis nicht über alle im Brutus zu erwähnenden Dinge Auskunft gab —, schob er die Notiz rasch da ein, wohin sie zeitlich gehörte, und verbesserte so die Chronologie auf Kosten des glatten schriftstellerischen Gedankenganges[1]. Es ist als ob man der genauen Datierung an der zweiten Stelle (*dictatore enim Sulla* usw.) die neuerworbene Erkenntnis des Tatbestandes noch anmerken könnte. An der ersten Stelle, die er als ungehörig erkannt hatte, mußte sie nun gestrichen werden; dies ist aber nicht geschehen. Diese Unterlassung könnte man nun an sich auf zweierlei Weise erklären: entweder hat er seinerseits die Worte zu tilgen vergessen oder sie sind trotz einer von ihm ergangenen Anweisung von den Abschreibern irrtümlicherweise kopiert worden. Ist schon an und für sich die erstere Annahme wenig glaublich, so wird sie für den vorliegenden Fall noch um so unwahrscheinlicher durch die besondere Art, in der er den Molon an einer dritten Stelle dieser Schrift (316) erwähnt. Nämlich in der Schilderung seiner griechischen Studienreise sagt er: *Rhodum veni meque ad eundem quem Romae audiveram Molonem applicavi, cum actorem in veris causis scriptoremque praestantem tum in notandis animadvertendisque vitiis et instituendo docendoque praestantissimum.* Vergleicht man diese umfängliche Prädikation Molons mit der knappen jener ersten Stelle (307), an der er genannt war: *Moloni et actori summo causarum et magistro*, so ist klar, daß er beides nicht so hat nebeneinander stehen lassen wollen, sondern daß er beabsichtigte, nach Tilgung der kürzeren Stelle diese durch eine

[1] Die Notiz hat ganz die Form einer nachträglichen 'Anmerkung', genau wie diese, die ich jetzt niederschreibe, da ich soeben bei Wilamowitz, Sappho und Simonides S. 25, 1 eine Anmerkung über solche 'Anmerkungen' lese.

längere zu ersetzen. Er hat mithin die Worte der ersten Stelle nicht bloß durch die der zweiten sachlich korrigiert, sondern auch durch die der dritten im Ausdruck verfeinert und erweitert; die Möglichkeit, daß er selbst jene Worte zu tilgen vergessen habe, muß mithin außer Betracht bleiben. Vielmehr ist, wie wir uns ausdrücken würden, seine Korrektur in der Offizin übersehen worden. Wenn er, wie anzunehmen, beim Durchlesen des ihm gesandten Autorexemplars den Irrtum bemerkt und dessen nachträgliche Beseitigung verlangt hat, so kam die Reklamation zu spät wie in dem Falle des Ligarius, der als toter und doch anwesender Zeuge in unseren Exemplaren weiterlebt. Überhaupt wird durch die Einblicke, die Cicero uns in seinen Briefen an Atticus in die Art seines oft hastigen literarischen Schaffens gewährt — Klagen über seine eigenen und der Abschreiber Irrtümer, die er den Freund bittet, vor der Publikation noch zu beseitigen, und die Unmöglichkeit, alle Spuren seiner *neglegentia* (wie er das einmal nennt: XVI 6, 4) noch rechtzeitig zu verwischen (vgl. bes. I 13, 5. XII 6, 3. 4. XIII 44, 3) —, der hier für den 'Brutus' erwiesene Vorgang in eine beglaubigte Tatsachenreihe hineingestellt, desgleichen der Fall, zu dessen Erörterung wir nun übergehen.

II.

Eine Stelle der oratio Catilinaria III.

Den Text, den der Leser zum Verständnisse notwendigerweise vor Augen haben muß, gebe ich so, wie es in Ausgaben des Altertums geschah, nach Kola abgesetzt (von der Absetzung auch der Kommata will ich der Raumverhältnisse halber meist absehen); auch werde ich die Klauseln in meiner Weise rhythmisch markieren[1]. Textliche Varianten irgendwie nennenswerter Art finden sich in diesem Abschnitte nicht.

1 § 23. *Quam ob rem Quirites, quoniam ad omnia pulvinaria supplicatio decreta est, celebratote illos dies cum coniugibus ac liberis véstris*[2].

---

[1] Ich entschließe mich ungern dazu; aber die Regeln, deren Einfachheit und Gesetzmäßigkeit ich einst erwiesen habe, sind inzwischen durch Theorien kompliziert worden, die ich nicht billigen kann. Daher benutze ich die Gelegenheit, wo ich umfänglichere Stücke ciceronischer Prosa anzuführen habe, meine alte Auffassung wieder zu Gehör zu bringen.

[2] Wer erinnert sich bei diesem feierlichen Ethos nicht der vorletzten Strophe von Horazens letztem Gedichte: *nosque et profestis lucibus et sacris . . . cum prole matronisque nostris rite deos prius adprecati*? Überhaupt ist die Lektüre Ciceros demjenigen dienlich, der grade den nationalen Klängen in Horazens patriotischer Lyrik lauschen will. 'Alexandrea capta war der Siegestaumel noch verfrüht: erst die Kunde vom Tode der Königin hat dem Kriege das eigentliche Ende bereitet': läßt sich das diesem Gedanken zugrunde liegende Gefühl stärker nachempfinden als durch das, was Cicero

nam multi saepe honores dis immortalibus iusti habiti sunt ac debiti, séd proféclo iústióres númquam.

5 *erepti enim estis ex crudelissimo ac miserrimo interitu, erepti sine caede sine sanguine, sine exercitu sine dimicatione: togati me uno togato duce et imperàtóre vicistis.*

§ 24. *etenim recordamini Quirites omnis civilis dissensiones, non solum eas quas audistis, sed eas quas vosmet ipsi meministis átque vidistis.*

10 *L. Sulla P. Sulpicium òpprèssit:*

C. Marium custodem huius urbis multosque fortis viros partim eiécit èx civitáte, partim interémit.

Cn. Octavius consul armis expulit ex úrbe cònlégam:

omnis hic locus acervis corporum et civium sanguine redundávit.

15 *superavit postea Cinna cum Mário:*

tum vero clarissimis viris interfectis lumina civitátis èxtincta sunt.

ultus est huius victoriae crudelitatem pósteà Súlla:

ne dici quidem opus est quanta deminutione civium et quanta calamitáte rèi públicaè.

20 *dissensit M. Lepidus a clarissimo et fortissimó viró Quinto Cátulo:*

attulit non tam ipsius interitus rei publicae luctum quam céterórum.

§ 25. *atque illae tamen omnes dissensiones erant eiusmodi quae non ad delendam sed ad commutandam rem públicàm pértinérent:*

25 *non illi nullam esse rem publicam sed in ea quae esset se esse*

pr. Mur. 34 vom Siege des Pompeius über Mithridates, den Erzfeind des Römertums, sagt: *qua ex pugna cum se ille eripuisset et Bósphorùm cónfugisset quo exercitus adire nòn pósset, etiam in extrema fortuna et fuga nomen tamen rétinuit régiùm. itaque ipse Pompeius régno póssèsso, ex omnibus oris ac notis sedibus hóste púlso, tamen tantum in uniùs animà pósuit, ut cum ipse omnia quae tenuerat adierat sperarat victórià póssidéret, tamen non ante quam illum vita expulit bellum confectum iúdicàrit. hunc tu hostem Cato contemnis quocum per tot annos tot proeliis tot imperatores bélla gèssérunt, cuius expulsi et eiecti vita tanti áestimátast, ut morte eius nuntiata denique bellum confectum árbitràréntur?* Das Besondere der sogenannten Römeroden ist der Appell des Dichters an die Ehre der adligen iuventus, dieser Hoffnung der Nation. Daraufhin lese man einmal die Sestiana, die von eben demselben Gedanken durchzogen ist: dem Redner ist es in dieser (für die Herausgabe ungewöhnlich stark überarbeiteten) Rede darum zu tun, *praeclara praecepta dare iuventuti* (102), *mihi sumpsi hoc loco doctrinam quandam iuventuti, qui essent optimates* (119), *vosque adulescentes, et qui nobiles estis, ad maiorum vestrorum imitationem excitabo* (136), worauf dann eine *cohortatio* zur *virtus* und zum Patriotismus folgt (vgl. noch 14. 95 f.; was er 47 f. über den Heldentod fürs Vaterland sagt, verdient mit *virtus recludens immeritis mori* usw. verglichen zu werden). Die unter dem Prinzipate verstummende politische Rede räumte naturgemäß der Poesie das Feld; aber wenn man sich etwa ausmalt, daß das Buch Ciceros, das der junge Gaius oder Lucius Caesar versteckte, als ihn der Großvater Augustus bei dessen Lektüre erwischte, die Sestiana enthielt, mag man es dem Kaiser nachfühlen, daß, als er stehend einen großen Abschnitt daraus gelesen hatte, er es dem Enkel mit den Worten zurückgab: λόγιος ἀνήρ, ὦ παῖ, λόγιος καὶ φιλόπατρις (Plut. Cic. a. E.).

principes neque hanc urbem conflagrare sed se in hac úrbe flòrére vòluérunt.

atque illae tamen omnes dissensiones quarum nulla exitium rei publicae quaesivit eiusmodi fuerunt ut non reconciliatione concordiae

30 *sed internicione civium diiúdicàtaé sint.*

in hoc autem uno post hominum memoriam maximo crudelissimóque béllo

quale bellum nulla umquam barbaria cúm suà génte géssit

quo in bello lex haec fuit a Lentulo Catilina, Cethego Cássiò cónstitúta

35 *ut omnes qui salva urbe salvi esse possent in hóstiùm númèro dúceréntur*

ita me gessi Quirites ut salvi omnes cónservàrémini

et cum hostes vestri tantum civium supérfutúrùm putássent

quantum infinitae caedi réstitisset

40 *tantum autem urbis*

quantum flamma obire non potuisset[1],

et urbem et civis integros incolumisque sèrvávi.

Die monumentale Architektonik dieses Gedanken- und Sprachgebäudes wird, wie selbst ein oberflächlicher Blick auf die durch Sperrdruck hervorgehobenen Stellen lehrt, etwa in der Mitte empfindlich gestört. Während auch im Innern dieses Gebäudes alles aufs Sorgfältigste ausgestattet und gefeilt, insbesondere auf den Wechsel des Ausdrucks innerhalb des Berichts gleichartiger Geschehnisse alle nur denkbare Sorgfalt verwendet worden ist, beginnen zwei Sätze hintereinander in unerträglicher Monotonie mit denselben Worten *atque illae tamen omnes dissensiones*, ohne daß dabei irgendeine etwa durch Anaphora bedingte Absicht vorliegen könnte: auch wäre ja solche, über fünf noch dazu meist indifferente Wörter sich erstreckende, gar mit *atque* beginnende Anaphora nicht bloß bei Cicero beispiellos, sondern ein logisches und sprachliches Monstrum an sich. Natürlich hat man auch hier wieder das radikale Mittel der Athetese angewandt. Madvig, der in den opusc. I (1834) 146ff. am eingehendsten über die Stelle gehandelt hat, weist zunächst einen in der Tat gar nicht diskutierbaren, aber zur communis opinio gewordenen Heilungsversuch von Ernesti ab, dem er dann den seinigen gegenüberstellt: Tilgung des ganzen Satzes *atque illae tamen — diudicatae sint* Z. 28—30 als einer lästigen Interpolation. Die Autorität Madvigs hatte zur Folge, daß seine mit großer Bestimmtheit vorgebrachte Ansicht (nulla dubitatio relinquitur schrieb er) in sämtliche Texte übernommen wurde, soweit ihre Herausgeber die Überlieferung nicht einfach abdruckten (daß dies letztere

[1] Ohne Klausel, weil die Stimme in der Schwebe bleibt.

— freilich in anderem Sinne, als es diese Herausgeber ahnten — das einzig Rationelle ist, werden wir sehen). Nur zwei Editoren glaubten andere oder geringere Streichungen vornehmen zu sollen: K. Halm strich gar an zwei Stellen, nämlich die Wörter *erant eius modi* Z. 23 und *atque illae tamen — quaesivit* Z. 28—29 und suchte diese Willkür ausführlich zu rechtfertigen (C.s ausgew. Reden III[11] 1882, S. 125f.), freilich ohne daß er Zustimmung gefunden hätte. Der letzte Herausgeber, A. C. Clark (1905), beschränkt sich auf die Tilgung der Wörter *atque illae tamen omnes*, da wo sie das erstemal stehen (Z. 23). Allein, so sehr ich im übrigen die unvergleichlichen Verdienste der neuen Ciceroausgabe bewundere, so muß ich doch bekennen, einer Satzstruktur wie dieser: *dissensit M. Lepidus a clarissimo et fortissimo viro Q. Catulo: attulit non tam ipsius interitus rei publicae luctum quam ceterorum.* [*atque illae tamen omnes*] *dissensiones erant eiusmodi quae . . . pertinerent. non illi . . . voluerunt. atque illae tamen omnes dissensiones* usw. womöglich noch ratloser gegenüberzustehen als der Überlieferung. Denn in dieser ist zwar unerträgliche Tautologie, aber doch Zusammenhang, während bei der Clarkschen Streichung die Tautologie nur um ein geringes vermindert (es bleibt *dissensiones erant eiusmodi* ∞ *dissensiones . . . eius modi fuerunt*), der Zusammenhang aber durch das gänzlich unmotivierte Asyndeton zwischen *ceterorum* und *dissensiones* aufgehoben wird.

Keiner außer Madvig hat sich den Zusammenhang, in dem die inkriminierten Sätze stehen, überlegt, sondern sie von ihrer Umgebung isoliert, ein Fehler, der nicht ohne Folgen für die einzelnen Schlußresultate bleiben konnte. Madvig hat ihn zwar zu vermeiden gesucht, aber auch seine Analyse des Zusammenhangs war zu wenig scharf, als daß sie ihn schließlich nicht doch zu einem Trugschlusse geführt hätte, dem er dann in der erwähnten Athetese Ausdruck gab. Eine Interpretation des Gedankengangs wird aber, wie ich glaube, zu einem gesicherten Ergebnisse führen.

Das Thema wird § 23 aufgestellt: Pflicht der Dankbarkeit gegen die Götter, die euch durch mich vom Untergange gerettet haben, und zwar unblutig (*sine caede sine sanguine* Z. 5f.). Der Beweis wird, wie so oft, geführt durch geschichtliche argumenta ex contrario: alle übrigen Revolutionen des römischen Staates endeten blutig: § 24 (*partim eiecit ex civitate partim interemit* Z. 11f.; *omnis hic locus acervis corporum et civium sanguine redundavit* Z. 14; *lumina civitatis extincta sunt* Z. 16; *quanta deminutione civium et quanta calamitate rei publicae* Z. 18f; *attulit non tam ipsius interitus rei publicae luctum quam ceterorum* Z. 21f). Hierauf konnte, nachdem durch die Beispielserie der Beweis ex contrario erbracht worden war, im Sinne der propositio nur die Schlußfolgerung gezogen werden: im Gegensatze zu all jenen durch Blut unterdrückten

Revolutionen steht die von mir ohne Blutvergießen unterdrückte. In der Tat lesen wir diesen Gedanken in § 25, aber nicht schon in dessen Anfang, sondern erst in der Mitte (Z. 31 ff.): *in hoc autem uno post hominum memoriam maximo crudelissimoque bello ... ita me gessi, ut salvi omnes conservaremini ... et urbem et civis integros incolumisque servavi.* Diese auf einer mächtigen Antithese begründete Gedankenfuge wird nun aber durch eine störende Zwischenharmonie unterbrochen. In jene Antithese drängt sich zu Beginn von § 25, gerade an der Stelle, wo ihr zweites Glied erwartet wird, eine andre ein. 'Die älteren Revolutionen waren nur Parteikämpfe rivalisierender Machthaber und ihr Ziel daher keine Vernichtung des Staates, sondern nur Verfassungsänderung.' 'In der catilinarischen Revolution war es dagegen auf die Vernichtung des Staates abgesehen.' Das ist eine Antithese, die mit jener an sich nichts zu tun hatte, sondern dazu bestimmt war, sie zu verstärken: 'obwohl jene älteren Revolutionen harmloser waren als die catilinarische, endigten sie doch blutig'. Dieser Gedanke ist in den Worten Z. 28—30 *atque illae tamen omnes dissensiones, quarum nulla exitium rei publicae quaesivit, eius modi fuerunt ut non reconciliatione concordiae sed internicione civium diiudicatae sint* vollkommen zum Ausdruck gebracht worden: gerade diese Worte aber sind es, die Madvig und seine Nachfolger, also sicher mit Unrecht, athetierten. Aber auch die diesen Worten vorausgehenden Z. 23 f. *atque illae tamen omnes dissensiones erant eius modi quae non ad delendam sed ad commutandam rem publicam pertinerent* usw. sind nicht zu entbehren, da ohne sie im folgenden Satze die Worte *quarum nulla exitium rei publicae quaesivit* (Z. 28 f.), die sich auf jene zurückbeziehen, unverständlich sein würden. Also keine der beiden Parallelfassungen kann fehlen, und doch sind sie nebeneinander unmöglich. Dieser Tatbestand erlaubt nur eine Schlußfolgerung: Cicero ist mit der Ausarbeitung der zweiten Antithese noch nicht fertig geworden; was wir lesen, ist bloß provisorisch. Der der zweiten Antithese angehörige, bloß sekundäre Gedanke, daß die älteren Revolutionen nur Parteikämpfe waren, durfte nur in der Form der Unterordnung unter den primären, daß auch sie blutig endeten, erscheinen, wie er ja auch in dem Relativsatze *quarum nulla exitum rei publicae quaesivit* Ausdruck gefunden hat. Cicero hatte aber diesem Gedanken in dem ersten der beiden mit *atque illae tamen omnes dissensiones* beginnenden Satze zunächst eine selbständige Fassung gegeben. Die Folge ist, daß nun die selbständige unausgeglichen neben der untergeordneten steht, ohne daß es möglich wäre, die eine der anderen zu opfern. Jede Änderung der handschriftlichen Überlieferung ist angesichts dieser Sachlage unmethodisch. Das einzige, was wir tun dürfen, ist dieses, probeweise Ciceros Konzept zu korrigieren,

indem wir die selbständige und die untergeordnete Fassung zusammenschieben und dadurch der bloß sekundären Antithese ihre gebührende Stellung zur ersten anweisen, also etwa so (es gibt auch andere Möglichkeiten, es kommt aber nicht darauf an, sie zu erschöpfen): § 25 Anf. 'atque illae tamen omnes dissensiones, etsi erant eius modi quae non ad delendam sed ad commutandam rem publicam pertinerent — non illi nullam esse rem publicam sed in ea quae esset se esse principes, neque hanc urbem conflagrare sed se in hac urbe florere voluerunt —, non reconciliatione concordiae sed internicione civium diiudicatae sunt'.

Wer vieles rasch abarbeitet, dem werden Versehen nicht erspart bleiben. Um ihnen möglichst vorzubeugen, hat Cicero, wie das überhaupt die Gepflogenheit der Zeit war, nicht leicht etwas veröffentlicht, ohne es vorher Freunden, inbesondere dem Atticus, vorzulegen: *meis orationibus, quarum tu Aristarchus es* schreibt er diesem I 14, 3 (Febr. 61). Auf welche Reden sich dieser Ausspruch bezog, wissen wir aus dem vorausgehenden Briefe 13, 5 (Jan. 61); sie sind uns zwar nicht erhalten, aber wir sehen aus seinen Angaben, daß er ein Datum, dessen Irrtümlichkeit er auch seinerseits bemerkt hatte, änderte, und auch Zusätze machte: *in illam orationem Metellinam addidi quaedam* schreibt er hier, und überhaupt müssen wir ihn uns gerade auf Grund von Angaben der Briefe bessernd und feilend, streichend und zusetzend tätig denken (*perpolire librum*, wie er das gern nennt). Irrtümer waren bei der Vielseitigkeit und Nervosität seines Schaffens und bei seiner Geneigtheit, auf Anraten anderer oder auch nur auf Grund einer neuen Konstellation persönlicher Verhältnisse einen Plan umzuwerfen und durch einen neuen zu ersetzen, unausbleiblich. Dem vorhin im 'Brutus' aufgezeigten Falle tritt nun derjenige der dritten Catilinaria an die Seite. Man glaubt den Schriftsteller förmlich dabei zu beobachten, wie er, um es mit seinen eigenen, soeben zitierten Worten zu sagen, dem ersten Entwurfe am Rande 'addidit quaedam', gewissermaßen experimentierend mit einer provisorischen Fassung, um sie dann hinterher zu 'perpolire'. Das Interessante an dem ganzen Vorgange ist für uns nun aber gerade dies, daß wir diese Stelle in einem der endgültigen Redaktion vorausliegenden Zustande besitzen. Das für die Öffentlichkeit bestimmte Exemplar, in dem er die unerträgliche Dublette irgendwie zu beseitigen beabsichtigt haben muß, ist uns nicht erhalten, sondern sein Konzept, das noch nicht mundiert war. Diesen Vorgang zu erklären gibt es, soviel ich sehe, zwei Möglichkeiten. Entweder hat das Exemplar, das er dem Atticus im J. 60 übersandte, (ad Att. II 1), die Dublette enthalten. Dann müssen wir annehmen, daß dieses Exemplar durch einen unglücklichen Zufall, dessen Einzelheiten sich der Kon-

trolle entziehen (der aber dem für den 'Brutus' und die Ligariana konstatierten verwandt ist), vervielfältigt wurde, bevor es zur Revision an den Autor zurückgelangt und bevor daher diesem Gelegenheit gegeben worden war, seine Korrektur vorzunehmen. Oder aber das dem Atticus übersandte Exemplar hat die Dublette nicht mehr enthalten, sondern war schon 'perpolitum' und zur Vervielfältigung bestimmt (eine Anweisung dazu findet sich in dem Briefe nicht): dann ist das uns erhaltene Exemplar nicht mit dem an Atticus übersandten identisch, sondern es muß angenommen werden, daß die Edition aus dem Nachlasse erfolgte, in dem der Herausgeber — dann also Tullius Tiro — das Konzept vorfand. Um eine Entscheidung dieser Alternative herbeizuführen, dazu reicht unsere ganz dürftige Kenntnis des damaligen Buchwesens nicht aus. Mit was für unbegrenzten Modalitäten der Vervielfältigung für jene Zeit gerechnet werden muß, kann man aus den behutsamen Darlegungen solcher Kenner wie K. Dziatzko und W. Schubart über den antiken Buchhandel ersehen. Wie immer man sich nun auch den Vorgang denken mag, sicher ist, daß uns an dieser Stelle das Konzept vorliegt. Daß die Abschreiber einem solchen gegenüber keinen leichten Stand hatten, zeigen die Worte, mit denen Cicero die abermalige Zusendung einer Schrift (wahrscheinlich 'de gloria') begleitet, die er dem Freunde schon einmal in einer provisorischen Fassung übersandt hatte: *idem* ϹΥΝΤΑΓΜΑ *misi ad te retractatius et quidem* ἀρχέτυπον *ipsum crebris locis inculcatum et refectum* (ad Att. XVI 3, 1). Wenn er also dem Quintus auf dessen Bitte, ihm bei der Beschaffung einer griechischen und lateinischen Bibliothek behilflich zu sein, schreibt (III 5/6, 6): *de latinis (libris) vero quo me vertam nescio, ita mendose et scribuntur et veneunt*, so war nicht zu verwundern, wenn es auch seinen Büchern zuweilen widerfuhr, daß nicht alle *librariorum menda* (ad Att. XIII 23, 2 von seinen Academica) aus ihnen beseitigt wurden; Asconius p. 76, 21 Cl. rechnet in der Corneliana mit einem Fehler der Abschreiber (*inducor magis librariorum hoc loco esse mendam quam ut Ciceronem parum proprio verbo usum esse credam*).

III.

Zur Komposition der Caeliana.

Daß wir in der wissenschaftlichen Erklärung ciceronischer Reden über die Anfänge noch nicht hinausgelangt sind, weiß und bedauert jeder Kundige; insbesondere fehlt es an eindringenden, die typischen und individuellen Momente gleichermaßen berücksichtigenden Kompositionsanalysen, wenn man von einzelnen Ausnahmen absieht (die der Rosciana durch G. Landgraf, der Rede pro Archia durch W. Stern-

kopf). Der letzte Erklärer der Caeliana, J. van Wageningen (Groningen 1908), ist an so handgreiflichen, die Komposition betreffenden Problemen, wie sie im folgenden erörtert werden sollen, ohne Acht vorbeigegangen wie alle seine Vorgänger. Um den Leser von dem unbegreiflichen Zustande, in dem uns diese Rede vorliegt, durch den Augenschein zu überzeugen, stelle ich zunächst ein Paar von Dubletten übersichtlich einander gegenüber. Nur die besonders genau übereinstimmenden Worte oder Gedanken markiere ich durch Sperrdruck, bemerke aber gleich hier, daß der Leser, wenn er meine weitere Beweisführung prüfen will, sich von der Identität der Gedankenprägung im ganzen durch Lektüre der gesamten ausgeschriebenen Partien überzeugen muß. Zur bequemeren Orientierung bezeichne ich die Konkordanzen durch Buchstaben im Texte. Da eine Absetzung nach Kola hier des Raumes wegen untunlich ist, begnüge ich mich mit Spatien.

§ 28

equidem [a] *multos et vidi in hac civitáte et audivi,* *non modo qui primoribus labris gustassent genus hoc vitae et extremis ut dicitur digitis áttigissent* *sed qui totam adulescentiám voluptátibus dedidissent,* *emersisse aliquando et se ad frugem bonam ut dicitúr recépisse* [a] *gravisque homines átque inlústris fuisse.* [b] *datur enim concessu omnium huic aliqui lúdus aètáti* *et ipsa* [c] *natura profundit adulescentiaé cupiditátes.* *quae si ita erumpunt ut* [d] *nullius vitam labefactent, nulliús domum èvértant,* *faciles et tolerabilés habèri solènt.*

§ 41—43

multa enim nobis blandimenta [c] *natura ipsa genuit quibus sopita virtus conivéret intérdum,* *multas vias adulescentiae lubricas ostendit quibus illa insistere aut ingredi sine casu aliquo ac prolapsióne vix pósset,* *multarum rerum iucundissimarum varietatem dedit qua non modo haec aetas sed etiam iam conroboráta càperétur . . . . .* (42) [b] *detur aliquid aetati, sit adulescentia liberior, non omnia voluptátibus dénegéntur;* *non semper superet vera illa et derecta ratio, vincat aliquando cupiditas voluptásque rátiónem,* *dum modo illa in hoc genere praescriptio moderatióque téneátur:* *parcat iuventus pudicitiae suae, ne spóliet àliénam,* *ne effundat patrimonium, ne fenóre trucìdétur,* *ne* [d] *incurrat in alterius domum atque familiam, ne probrum castis labem integris infamiám bonis inferàt,* *ne quem vi terreat, ne intérsit insidiis, scélere cáreat.* *postremo cum paruerit voluptátibus,* *dederit aliquid temporis ad*

(b) *ludum aetatis atque ad inanis hasce* (c) *adulescentiae cupiditates, revocet se aliquando ad curam rei domesticae, rei forensis, reique publicae, ut ea quae ratione antea non perspexerat satietate abiecisse et experiendo contempsisse videatur.* (43) *ac* (a) *multi quidem et nostra et patrum maiorumque memoria, iudices, summi homines et clarissimi cives fuerunt, quorum cum adulescentiae cupiditates defervissent eximiae virtutes firmata iam aetate éxtitérunt.*

Hier haben wir zwei stets in den Gedanken, oft auch in den Worten übereinstimmende Reihen vor uns, die sich zueinander verhalten wie Skizze und Ausführung oder wie Exzerpt und Ganzes (das läßt sich zunächst noch nicht entscheiden); nur die Satzfolge ist eine verschiedene. Fast noch merkwürdiger als die wörtlichen Übereinstimmungen sind die nicht in den Worten übereinstimmenden Fassungen, deren eine sozusagen eine Paraphrase der anderen ist, z. B. § 28 *multos et vidi in hac civitate et audivi . . . gravis homines atque inlustris fuisse* ∞ 43 *multi et nostra et patrum maiorumque memoria summi homines et clarissimi cives fuerunt*, oder § 28 *nullius vitam labefactent*[1], *nullius domum evertant* ∞ 42 *ne incurrat in alterius domum . . ., ne labem integris inferat.* Einmal scheint die stark komprimierte Fassung der linken Spalte ihr volles Verständnis erst durch die erweiterte der rechten zu erhalten: denn was die Worte *ipsa natura profundit adulescentiae cupiditates* besagen wollen, zeigt ganz erst die Paraphrase: *natura ipsa . . . multas vias adulescentiae lubricas ostendit quibus illa insistere aut ingredi sine casu aliquo ac prolapsione vix posset* usw. Nicht ohne Interesse ist es, zu sehen, wie an einer Stelle der Turiner Palimpsest (T) aus einer teilweisen Übereinstimmung eine vollständige gemacht hat. Während es nämlich nach unseren übrigen Handschriften in § 28 heißt: *datur . . . aliqui ludus aetati*, dagegen § 42 *detur aliquid aetati* (worauf dann erst weiterhin folgt *ludum aetatis*), gibt T an der letzten Stelle *detur aliqui ludus aetati.* Wir werden hier Clark nicht folgen, der dies für die originale Lesart hält; man kann beobachten, daß die uralten Handschriften der Reden oft einen schlechteren Text

[1] Zum Ausdrucke vgl. de inv. I 3 *malitia pervertere urbis et vitas hominum labefactare adsuevit.*

darbieten als die mittelalterlichen, ein Verhältnis, das — vergleichbar etwa demjenigen des plautinischen A und P und auf analoge Gründe zurückgehend — jetzt, nachdem durch CLARKS Entdeckungen die mittelalterliche Überlieferung uns so viel besser bekannt geworden ist, eine zusammenfassende Behandlung fordert. (Vgl. auch unten S. 21,1.)

Genau dasselbe Verhältnis zueinander zeigen folgende zwei χαρακτηρισμοί der Clodia:

§ 38

(a) *nihil iam in istam múlierèm dico; sed* (b) *si esset aliqua dissimilis istius quae se ómnibus pérvolgáret, quae haberet palam decretum sémper áliquem, cuius in* (c) *hortos domum Baias iure suo libidines ómnium cómmeárent, quae etiam aleret adulescentis et parsimoniam patrum suis sumptibus sústinéret: si vidua libere proterva petulanter dives effuse libidinosa* (d) *meretricio more viveret*[1], (e) *adulterum ego putarem si quis hanc paulo liberiús salutásset?*

§ 48—50

(a) *mulierem nullam nóminábo: tantum in medió relínquam.* 49 (b) *si quae non nupta mulier domum suam patefecerit ómnium cúpiditáti palamque sese in* (d) *meretriciá vita cónlocárit, virorum alienissimorum conviviis úti instituerit, si hoc in urbe si in* (c) *hortis si in Baiarum illá celèbritáte fáciat, si denique ita se gerat non incessu solum sed ornatu átque còmitátu, non flagrantia oculorum non libertáte sèrmónum sed etiam complexu osculatione actis navigatione cònviviis, ut non solum meretrix sed etiam proterva meretrix procáxque videátur: cum hac si qui adulescens forte fuerit, utrum hic tibi L. Herenni* (e) *adúlter àn amátor, expugnare pudicitiam an explere libidinem voluisse videátur?* 50 *obliviscor iam iniuriás tuás Clódiá, depono memoriám dolòris mei, quae abs te crudeliter in meos me absente fácta súnt néglegò:* (a) *ne sint haec in te dicta quaè díxi. sed ex te ipsa requiro — quoniam et crimen accusatores abs te et testem eius criminis te ipsam dicunt se habere —:* (b) *si quae mulier sit eius modi qualem ego paulo ánte dèscripsi,* (b) *tui dissimilis,* (d) *vita institutóque mèretriciò—,*

[1] Ohne Klausel, weil die Stimme in der Schwebe bleibt wie oben S. 8,1 und gleich in der Parallelfassung § 50 *dicunt se habere.*

cum hac aliquid adulescentem hominem
habuisse rátiónis num tibi perturpe aut
perflagitiosum ésse videátur?

Von den teils wörtlichen, teils fast wörtlichen Kongruenzen abgesehen, ist besonders bemerkenswert die sich auch in der sprachlichen Formgebung wiederholende Gedankenstruktur: 'wenn eine Witwe so wäre, daß sie nach Art einer Dirne lebte (so und so), sollte ich dann für einen Ehebrecher halten denjenigen, der eine solche etwas reichlich frei gegrüßt hätte?' ∾ 'wenn eine unverheiratete Frau ihr Leben nach Art einer professionellen Dirne einrichtete (so und so), scheint dir ein junger Mann, der mit einer solchen verkehrt, ein Ehebrecher oder ein Liebhaber zu sein?' Sogar die Einzelheit stimmt, daß in beiden Fassungen die *si*-Sätze gedoppelt sind (*si esset — si; si — si quae . . . sit*), nur daß in der längeren Fassung der erste dieser Sätze in verschiedene Teilsätze mit *si* zerlegt ist; darauf, daß in dieser Fassung die beiden Sätze mit *si* an verschiedene Adressen gerichtet sind (*L. Herenni, Clodia*), wird weiter unten zurückzukommen sein. Die Zerdehnung sowie die Verteilung auf zwei Adressen hat zur Folge gehabt, daß in dem zweiten *si*-Satze § 50 *si quae mulier sit . . . tui dissimilis* an der soeben durch Punkte bezeichneten Stelle auf denjenigen des § 49 durch die Worte *eius modi qualem ego paulo ante descripsi* zurückbezogen werden mußte[1]. Weiter sei noch darauf hingewiesen, daß den beiden *si*-Sätzen der längeren Fassung je ein inhaltlich verwandtes Sätzchen vorausgeht: 49 *mulierem nullam nominabo* und 50 *ne sint haec in te dicta quae dixi*, deren Kombination gewissermaßen das Resultat des *nihil iam in istam mulierem dico* der kürzeren Fassung ergibt. Endlich sei noch bemerkt, daß die Kongruenz der beiden Fassungen es sogar ermöglicht, eine kleine exegetische Kontroverse zu entscheiden: *si quae non nupta mulier* beginnt der erste *si*-Satz der längeren Fassung. Nein, sagen Francken und Wageningen; es muß das *non* gestrichen werden, da sonst im Nachsatze nicht *adulter an amator* hätte gesagt werden können. Sie beachteten nicht, daß es in der kürzeren Fassung heißt: *si vidua libere . . . viveret, adulterum ego putarem* usw., woraus folgt, daß mit der *non nupta mulier* eben eine *vidua*, nämlich Clodia, gemeint ist.

---

[1] »*paulo ante*: sc. § 38 *si esset aliqua dissimilis istius*« van Wageningen. So einfach ist es wahrlich nicht. Denn auf *tui dissimilis* folgen die Worte *vita institutoque meretricio*, die sich klärlich auf 49 *si quae . . . sese in meretricia vita conlocarit, virorum alienissimorum conviviis uti instituerit* zurückbeziehen: mit *paulo ante* 50 können also nur die in der Tat 'kurz vorher' gegebenen Ausführungen des § 49 gemeint sein. Es wäre ja auch, abgesehen von dieser wörtlichen Übereinstimmung, unmöglich, das *descripsi* in 50 auf die Charakteristik in 38 zu beziehen, nachdem inzwischen in 49 eine neue erfolgt war.

Zu den beiden bisher betrachteten Dubletten kommen einige andere, deren Behandlung ich vorläufig noch zurückstelle, da sie mit einer die ganze Rede betreffenden Kompositionsfrage in Zusammenhang stehen. Denn nunmehr müssen wir den Versuch machen, über die bloße Erkenntnis der Dubletten als solcher hinaus auf den Grund ihrer Entstehung zu gelangen. Dazu ist es nötig, auf die Gesamtkomposition der Rede wenigstens insoweit einzugehen, als sie für den vorliegenden Zweck nötig und ohne einen fortlaufenden Kommentar überhaupt erreichbar ist. Die in der genannten holländischen Ausgabe vorgenommene Gliederung kann dabei außer Betracht bleiben; sie ist, von anderem abgesehen, auch deswegen ganz unzulänglich, weil sie auf das einzige Mittel, das in solchen Fällen helfen kann, verzichtet, die Kenntnisnahme der von Cicero in andern Reden befolgten Praxis, die ihrerseits wiederum auf der auch für ihn verbindlichen Theorie fußt.

Nach dem Proömium (1. 2) folgt der Satz (3): *ac mihi quidem videtur iudices hic introitus defensionis adulescentiae M. Caeli máximè cönvenire, ut ad ea quae accusatores deformandi huius causa et detrahendae spoliandaeque dignitatis gratia dixerunt primum rèspóndeàm.* Dieser propositio entsprechend, folgt nun eine umfangreiche Replik auf die Diffamierung, der die Ankläger (Sempronius Atratinus als eigentlicher accusator, L. Herennius Balbus und P. Clodius als subscriptores) das Leben des Angeklagten unterzogen hatten. Es wird gehandelt: *de dignitate* (Herkunft aus dem Ritterstande und aus einem Municipium) 3—6, *de pudicitia* 6—9, *de Caeli familiaritate cum Catilina* 10—14, *de coniurationis invidia* 15, *de ambitu et de criminibus sodalium ac sequestrium* 16, *de aere alieno* 17, *a patre quod semigrarit* 18, *de testibus* (deren Auftreten die Ankläger für die Beweisaufnahme angekündigt hatten) 19—22. Dieser Abschnitt ist von direkten Repliken auf die Behauptungen der Ankläger durchzogen. Er ist in sich vollkommen abgeschlossen und entspricht sowohl inhaltlich (insoweit die verschiedene Prozeßlage eine Kongruenz zuläßt) als auch hinsichtlich des Platzes, den er innerhalb der Rede einnimmt, den analogen Abschnitten anderer Reden; auch die Repliken fehlen in diesen nicht. Als Beispiele wähle ich die Reden pro Murena, pro Plancio und pro Flacco. In jener folgen auf das Proömium (1—2) und auf persönliche Bemerkungen gegen die Ankläger (3—10) — solche fehlen auch in der Caeliana nicht, sind aber in ihr, da es sich nicht um so illustre Persönlichkeiten wie Sulpicius Rufus und Porcius Cato handelt, wesentlich kürzer gehalten und in die Repliken hineinbezogen: vgl. besonders 7 — die Worte (11): *intellego tris totius accusationis partis fuisse et earum unam in reprehensione vitae, alteram in contentione dignitatis, tertiam in criminibus*

ambitus ésse vèrsátam. Demgemäß wird erstens über die Diffamierung der *vita* gehandelt: 11—14 (11 *obiecta est Asia ...*, 13 *saltatorem appellat L. Murenam Cato*; die Replik darauf klingt an manche Stellen der Caeliana an, vgl. besonders Mur. 13 *nullum turpe convicium, non amor, non comissatio, non libido, non sumptus ostenditur* mit Cael. 44 *in M. Caelio nulla luxuries reperietur, nulli sumptus, nullum aes alienum, nulla conviviorum ac lustrorum libido*), zweitens (*quae pars altera fuit accusationis*: 14a. E.) über die Vorwürfe wegen mangelnder *dignitas* sehr ausführlich (das war hier, da es sich um die Bewerbung um das Konsulat handelte, notwendig): 15—53, drittens (*tertius locus*) *de ambitus criminibus*: 54ff. In der Planciana folgt auf das Proömium und die Propositio (1—6) der *locus de dignitate* (6—30), auch hier recht ausführlich, da seine Wahl zum Ädilen angefochten wurde (die Replik ist derjenigen des entsprechenden locus der Caeliana verwandt: Ehrenzeugnis des Municipiums 22 wie Cael. 5, Stand des Vaters 23f. wie Cael. 3); darauf der *locus de vitae splendore* 30—35 (z. B. 30 *iacis adulteria ...; bimaritum appellas*). In diesen beiden Reden fehlt die in der Caeliana diesen Abschnitt beschließende Replik gegen die Zeugen der Gegenpartei. Aber sie findet sich eben an dieser Stelle in der Rede für Flaccus (6—26); das dieser Stelle der Rede Vorausgehende ist in unseren Hss. nicht erhalten, aber die Zitate der scholia Bobiensia (S. 96f. Stangl) zeigen, daß in der Tat vorher gehandelt worden war *de vita*, unzweifelhaft auch *de dignitate* (da er 18 auf jene Stelle zurückblickend sagt: *adulescens bonus, honesto loco natus* und besonders 25).

Es ist mithin klar, daß dieser Abschnitt der Caeliana sowohl nach seinem Inhalte wie nach dem Platze, an dem er steht, der rhetorischen Typologie genau entspricht: es ist derjenige Teil des Beweises, der 'extra causam' liegt, beruhend auf Präjudizien im Vorleben des Angeklagten und auf Zeugenaussagen, also nach griechischer Terminologie den πίστεις ἄτεχνοι. Hierauf mußte folgen der in der Sache liegende Beweis, d. h. die Widerlegung der einzelnen crimina, die πίστεις ἔντεχνοι. Dies ist denn auch die normale Disposition in Ciceros Reden. Der Übergang von dem einen Abschnitte zum andern pflegt dabei markiert zu werden[1], gelegentlich mit der entschuldigenden Bemerkung, daß der Redner endlich einmal (*aliquando*) zur causa selber kommen wolle, z. B. pro Flacco 27 *iam universa istorum cognitá cupiditáte accedam ad singulas querelas criminatiónésque Graècórum*, Planc. 36 *sed aliquando veniámus àd caúsam*, Mil. 23 *ut aliquando ad causam crimènque vèniamus* (vorher geht, von 7 an, die Widerlegung

[1] In der Rede pr. Deiot. 15 begnügt er sich mit einem *igitur*, nachdem er 7 gesagt hatte: *antequam de accusatione ipsa dico, de accusatorum spe pauca dicam.*

der Behauptung der Gegner, so beginnend: *sed antequam ad eam orationem venio quae est propria vestrae quaestionis, videntur ea esse referenda* usw.), Cluent. 8 *tametsi permulta sunt quae mihi, antequam de causa dico, de communibus invidiae periculis dicenda ésse videántur, tamen ne diutius oratione mea suspensa exspectatio véstra tèneátur, adgrédiar àd crimen.*

Auch in der Caeliana hat es zunächst den Anschein, als ob alles dem Schema gemäß verlaufen solle. Denn nachdem der *locus de testibus* erledigt ist, folgt 22 auf eine kurze captatio benevolentiae, die sich ebenfalls an den entsprechenden Stellen der soeben genannten Reden findet, eine neue propositio: *equidem vos abducam a testibus neque huius iudici veritatem quae mutari nullo modo potest in voluntate téstium cónlocàri sinàm, quae facillimè fingi, nullo negotio flecti ac détorquèri potèst. árgumèntis agémus, signis luce omni clarioribus crímina refellémus, res cum re, causa cum causa, ratio cum ratióne pugnábit.* Nun würde man nach der Analogie der andern Reden erwarten, daß es gleich weiterginge 30[m]: *sunt autem duo crimina, auri et veneni.* Aber zwischen 22 und 30[m] stehen zwei andersartige Dinge. Erstens 23—24 *de Dione Alexandrino.* Dieser Teil beginnt — unmittelbar nach den soeben angeführten Worten der propositio —: *itaque illam partem causae facile patior graviter et ornate a M. Crasso peroratam de seditionibus Neapolitanis, de Alexandrinorum pulsatione Puteolana, de bonis Pallae; vellem dictum esset ab eodem etiam de Dione.* Also Cicero hatte sich, wie wir aus diesen Worten entnehmen, mit M. Crassus (und, wie aus andern Stellen der Rede und sonstiger Überlieferung hervorgeht, mit M. Caelius selbst) in die Verteidigung geteilt (*partiri causas* nennt er das Brut. 190) und, wie gewöhnlich, die Schlußrede übernommen; für sie hatte er sich in diesem Prozesse unter anderm auch die Erörterung des Falles Dio vorbehalten, der zu Beginn des Jahres 56, wenige Monate vor der am 4. April gehaltenen Caeliana, von P. Asicius auf Anstiften des Königs Ptolemaios Auletes ermordet worden war. Da Cicero den Asicius mit Erfolg verteidigt hatte (gegen Calvus), war es begreiflich, daß ihm dieser Teil der Verteidigung des Caelius zugefallen war; Caelius war nämlich beschuldigt worden, schon vor Asicius einen Mordanschlag auf Dio unternommen zu haben. In den Paragraphen 23/24 kommt es ihm nun darauf an, die von der Gegenpartei vorgenommene Kombination des mißglückten Anschlags des Caelius mit dem erfolgreichen des Asicius zurückzuweisen: beides habe nichts miteinander zu schaffen, Caelius selbst halte die Sache des Asicius für eine gute, *cuicuimodi autem sit, a sua (causa) putat esse seiunctam* (24). Das heißt also: die Erörterung des Falles Dio-Asicius gehört freilich im Sinne der Kläger zur vorliegenden causa, aber nach der Behauptung des Verteidigers mit Unrecht. Es ist daher folgerichtig, daß Cicero ihrer Erörterung gerade diesen

Platz angewiesen hat: sie gehört nach seiner Behauptung sozusagen noch zu dem Teile extra causam. Die Folge ist, daß nach ihrer Erledigung die 22 aufgestellte Ankündigung, nun zur Sache übergehen zu wollen, zu Beginn von 25 wiederholt werden muß, und zwar geschieht dies in der Form einer Art von Selbstaufforderung: *ergo haec removeantur, ut aliquando, in quibus causa nititur, ad ea veniamus,* was sich so gut wie wörtlich mit den oben angeführten Übergangsformeln der Planciana und Miloniana deckt. Wenigstens jetzt, sollte man glauben, mußte zur Widerlegung der *crimina* übergegangen werden. Aber zwischen die Ankündigung, nun endlich zur Sache übergehen zu wollen (25), und die Stelle, an der dies mit den Worten *sunt autem duo crimina, auri et veneni* geschieht (30^{m}), schiebt sich ein Abschnitt ($25—30^{m}$), der für die Beantwortung der Frage nach Entstehung einer der beiden Dubletten unmittelbar in Betracht kommt.

Nämlich auf die Worte 25 *ergo haec removeantur, ut aliquando, in quibus causa nititur, ad ea veniamus* folgt bis 30^{m} eine eingehende Kritik der Anklagerede des L. Herennius Balbus, eines der subscriptores, nebenbei auch (27) der des anderen, P. Clodius. Diese Kritik ist, wie der Redner selbst sagt, durch den starken Eindruck hervorgerufen worden, den die Rede des Balbus auf die Richter gemacht hatte. Es läßt sich nicht vermeiden, die Worte selbst (mit einigen Kürzungen) herzusetzen. *Animadverti enim iudices* — so beginnt dieser Abschnitt — *audiri a vobis meum familiarem L. Herenniúm peràttènte. in quo etsi magna ex parte ingenio eius et dicendi genere quodám tenèbámini, tamen nonnumquam verebar . . . Dixit enim multa de luxurie . . . Fuit in hac causa pertristis quidam patruus . . . ., obiurgavit M. Caelium . . ., multa de incontinentia intemperantiáque dissèruit. Quid quaeritis, iudices? ignoscebam vobis attente audientibus . . .* (26) *Ac prima pars fuit illa quae me minus movebat . . . Non me haec movent . . . Neque vero illud me commovet quod . . . dixit . . .* (27) *Sed haec omitto: ad illa quae me magis movérunt rèspóndeò. Deliciarum obiurgatio fuit longa et ea lenior*[1] *plusque disputationis habuit quam atrocitatis, quo etiam audita_est àttèntiùs. Nam P. Clodius, amicus meus, cum se gravissime vehementissiméque iáctàret et omnia inflammatus ageret tristissimis vèrbis, vóce máximà, tametsi probabam eius eloquentiam, tamen non pértimèscébam . . . Tibi autem Balbe respondeo pri-*

[1] So die einstimmige Überlieferung; *et eo lenior* Kayser, *etiam lenior* Clark, *et eo lenior quo plus* Wageningen. Aber wie kann man ändern, was λίαν τοῦ ῥήτορος ist? Or. 11 *video hanc primam ingressionem meam . . . e media philosophia repetitam, et eam quidem cum antiquam tum subobscuram,* ep. fam. II 1, 1 *a te bis terve summum et eas perbrevis* (sc. *litteras*) *accepi,* IX 21, 1 *privatas causas et eas tenuis agimus* (Beispiele für *isque* ταμμακόσια, wie im Griechischen καὶ οὗτος, besonders gern καὶ ταῦτα). Der Komparativ *lenior* wegen des Gegensatzes dieses Teiles der Rede zu dem vorangegangenen Teile, von dem er gesagt hatte (25): *tam asperum genus orationis horrebam.*

mum precario, si licet, si fas est defendi a me eum qui nullum convicium renuerit[1], *qui unguenta sumpserit, qui Baias viderit.* 28 *equidem multos et vidi in hac civitate et audivi, non modo qui primoribus labris gustassent genus hoc vitae et extremis ut dicitur digitis attigissent sed qui totam adulescentiam voluptatibus dedidissent, emersisse aliquando et se ad frugem bonam ut dicitur recepisse gravisque homines atque inlustris fuisse. datur enim concessu omnium huic aliqui ludus aetati et ipsa natura profundit adulescentiae cupiditates. quae si ita erumpunt ut nullius vitam labefactent, nullius domum evertant, faciles et tolerabiles haberi solent.* 29 *sed tu mihi videbare ex communi infamia iuventutis aliquam invidiam Caelio velle conflare. itaque omne illud silentium quod est orationi tributum tuae fuit ob eam causam quod uno reo proposito de multorum vitiis cogitabamus . . . Sed vestrae sapientiae iudices est non abduci ab reo . . .* 30 *Itaque ego severitati tuae ita ut oportet respondere non audeo . . . Tantum peto . . ., ne huic aliena peccata, ne aetatis ac temporum vitia noceant. atque ego idem qui haec postulo quin criminibus quae in hunc proprie conferuntur diligentissime respondeam non recuso.* (Darauf folgt: *sunt autem duo crimina, auri et veneni*). Nun ist zunächst klar, daß dieser ganze Abschnitt improvisiert worden ist. Daß die Ankläger auf die *luxuria*, die *deliciae* des Caelius, eingehen würden, war freilich zweifellos und wurde daher von Cicero bei der Präparation seiner Rede unbedingt in Erwägung gezogen. Aber er konnte nicht wissen, wie der eigentliche Ankläger Atratinus und die beiden Nebenkläger Balbus und Clodius sich in den gesamten Stoff der Anklage teilen würden: sagt er doch selbst (7), er habe sich gewundert, daß der locus *de pudicitia* dem jungen Atratinus, der darüber nicht ohne Erröten habe sprechen können, statt einem der *robustiores* (also Balbus oder Clodius) zugewiesen worden sei. Er konnte ferner nicht voraussehen, daß der starke Eindruck der Rede des Balbus ihn dazu zwingen werde, alles aufzubieten, um diesen für seine Verteidigung gefähr-

[1] An Stelle der Worte *qui nullum convicium renuerit* stehen in dem Zitate des Donatus zu Ter. Hec. 551 diese: *qui in hortis fuerit.* Clark (dessen adnotatio crit. hier nicht ganz genau ist) setzt beides nebeneinander in den Text: *qui nullum convicium renuerit, qui in hortis fuerit, qui unguenta sumpserit, qui Baias viderit,* was sich auch deshalb nicht empfiehlt, weil man die *unguenta* vom *convicium* nicht gern getrennt sieht (und ebensowenig die *horti* von *Baiae*, die 49 zusammenstehen). Richtig vielmehr Vollgraff (bei Wageningen): die Worte *qui in hortis fuerit* stammen aus 36 *fuisti non numquam in isdem hortis.* Der Fall ist ähnlich dem oben S. 15 bemerkten, wo der Turiner Palimpsest eine frühere Stelle aus einer späteren interpoliert. Dies ist ganz lehrreich: Donatus und der Palimpsest (beide waren annähernd gleichzeitig) folgten einer schlechteren Überlieferung, als diejenige war, auf der unsere mittelalterlichen Hss. zurückgehen; über solche interpolierten Ausgaben des Altertums hat F. Leo, Gött. gel. Anz. 1899, 174, 1 das Richtige als erster gesagt.

lichen Eindruck abzuschwächen. Endlich waren ihm Einzelheiten gerade aus diesem Teile der Rede des Balbus offenbar unerwartet gekommen. Das sieht man deutlich an der Art, wie er § 26 diese (oben nicht mit ausgeschriebenen) Einzelheiten in einer der praeteritio verwandten Form (*me minus movebat . . . non me haec movent . . . neque vero illud me commovet quod dixit*) so kurzerhand und mit so saloppen Redensarten abmacht, daß nur schwer zu sagen ist, was er eigentlich gemeint hat.

Gibt man nun aber zu, was meines Erachtens der Augenschein lehrt, daß der soeben analysierte Abschnitt, der hier, wie bemerkt, ein angekündigtes und in anderen Reden auch eingehaltenes Dispositionsschema durchbricht, infolge eines unerwartet von außen herangetretenen Zwanges als Improvisation in einen in großen Zügen präparierten oder skizzierten Entwurf eingelegt worden ist, so ist damit eine glaubhafte Erklärung der ersten Dublette gefunden. Diese — der § 28, oben durch Sperrdruck markiert — bildet nämlich einen Teil des vorliegenden Abschnittes, und zwar einen, wie man sich ohne weiteres überzeugt, nach rückwärts und vorwärts unlösbar mit dem übrigen verbundenen. Während die Worte nun aber hier an einer Stelle stehen, der man die Aktualität ansieht — mitten zwischen direkten Repliken: *tibi Balbe respondeo* und *sed tu mihi videbare* usw. —, finden sie sich in stark erweiterter Fassung 41 ff. an einer Stelle, die keine Spur einer solchen Replik enthält, sondern, wie man sagen muß, ein ganz doktrinäres Gepräge trägt, das nur durch den gelegentlichen Appell *iudices* (und den flüchtigen Hinweis auf die vorangegangene Rede des Caelius: 45) einer Prozeßrede eingepaßt ist, im übrigen aber den Charakter des halbphilosophischen Raisonnements einer Art von Diatribe zeigt. Diese die Dublette in erweiterter Form enthaltenden §§ 41 ff. sitzen fest in einem schon mit § 39 beginnenden Abschnitte, der beginnt mit den Worten *dicet aliquis: 'haec igitur est tua disciplina? sic tu instituis adulèscéntis?'* Er enthält, dieser propositio entsprechend, sozusagen ein auf den immerhin bedenklichen Fall Caelius zugeschnittenes Erziehungsprogramm Ciceros, das mit seinem Rekurse auf die 40 ausdrücklich genannten *Graecos, doctissimos homines* (denen er, wie oft, zum Entgelte für dies epitheton ornans einen Denkzettel anhängt: *quibus cum fácere nòn póssent, loqui tamen et scribere honeste et magnificé licébat*) und seiner scholastischen Erörterung der φιλοσόφων δόξαι (41 *itaque alii voluptatis causa omnia sapientes fácere dixérunt . . ., alii cum voluptate dignitatem coniungendám putávérunt . . ., illud unum derectum iter ad laudem cum labore qui probávérunt, prope soli iam in scholis súnt relicti*) gewissermaßen den Stil vorwegnimmt, den er ein Jahrzehnt später in den ethischen Schriften handhabt (mit der Caeliana gleichzeitig

schon Varro in den Satiren, auch er ein Schüler des Antiochos). Daß dies alles wirklich so vor Gericht gesprochen sei, darf man aber keinesfalls bezweifeln: die köstliche Partie der Mureniana, wo er zu Catos Ärger den Richtern die stoischen Maximen ganz im Sinne und Stile der Paradoxa expliziert, hat auch in der gesprochenen Rede nicht gefehlt (de fin. IV 74 *non ego tecum iam ita iocabor, ut isdem his de rebus, cum L. Murenam te accusánte dèfénderèm: apud imperitos tum illa dicta sunt, aliquid etiám corònaé datum*). Aber solche Abschnitte, in denen alles genau erwogen sein wollte, sind Produkte sorgfältiger Präparation. Als Resultat der Analyse wird sich also dieses hinstellen lassen: die paar Sätze des § 28, die gewissermaßen die Quintessenz der langen Ausführungen der §§ 41 ff. darstellen, sind aus dem präparierten Entwurfe in die Aktualität einer — unvorhergesehener weise nötig gewordenen — Improvisation herübergenommen worden.

Auf Grund ähnlicher Erwägungen läßt sich die Entstehung der zweiten Dublette 38 ∞ 48—50 erklären. Es wurde soeben gezeigt, daß die längere Fassung der ersten Dublette, nämlich 41 ff., einem sorgfältig vorbereiteten Zusammenhange angehöre, der einsetze mit 39 *dicet aliquis: 'haec igitur est tua disciplina? sic tu instituis adulèscéntis? ob hanc causam tibi hunc puerum parens commendávit èt trádidit, ut in amore atque in voluptatibus adulescentiám suàm cónlocárel, et ut hanc tu vitam atque haec stúdia dèféndereś'?* Hier muß nun hinzugefügt werden, daß dieser Zusammenhang noch weiter nach oben reicht. Denn die mit 39 beginnende Verteidigung seiner etwas lockeren Erziehungsgrundsätze ist zunächst unlösbar verknüpft mit 37—38, wo er eben diese seine Grundsätze dargelegt hat (Anfang: *redeo nunc ad te, Caeli, vicissim ac mihi auctoritatem patriam severitatémque súscipio*) in der Form einer Konfrontation zweier Väter aus der Komödie, eines *pater vehemens atque durus* und eines *lenis et clemens*. Diese köstliche ϲύγκριϲιϲ ist nun aber wieder das Gegenstück zu der vorausgehenden, dem Glanzstücke der ganzen Rede, 33—36, auf das wir aus einem bestimmten Grunde einen Blick werfen müssen. Nachdem er im vorhergehenden (31 f.) dargelegt hat, daß es sich in dem ganzen Prozesse um die Person der Clodia handle, wendet er sich 33 an diese selbst: *sed tamen ex ipsa quaèrám priùs utrum me secum severe et gráviter èt prisce ágere málit an remisse et leniter et urbáne.* Für den ersten Fall (*si illo austero more ac modo*) beschwört er den Schatten des alten Ap. Claudius Caecus, des tritavus der Clodia, dem er eine zensorische Invektive gegen die entartete Nachfahrin in den Mund legt (das Motiv stammt in letzter Instanz aus der alten Komödie — Eupolis' Demen nach Körtes und Keils glänzender Rekonstruktion —, war dann von den attischen

Rednern für die Person Solons gern verwertet worden): 33—34. Für den zweiten Fall will er jenen bäurischen Alten beiseite schieben (*sin autem urbanius me agere maris, sic agàm técum: removebo illum senem durum ac paene agrestem*) und an dessen Stelle einen der 'Modernsten' sich zum Muster nehmen, vor allem den 'vielgeliebten' Bruder der Clodia; dieser hält nun ebenfalls eine Ansprache an die ältere Schwester, mit der er, weil sie sich nachts vor Gespenstern fürchtet, zusammen schläft: 36. Die beiden aufeinander berechneten Kontrastreden der fingierten Personen (33—34 und 36) werden nun aber durchbrochen durch eine persönliche Invektive des Redners selbst auf Clodia: 35 (vgl. die Worte: *tu vero mulier — iam enim ipse tecum nulla persona introducta loquor* usw.). Man muß den ganzen Abschnitt 33—36 im Zusammenhange lesen, um zu erkennen, daß durch 35 ein feindurchdachter Plan, der sowohl durch das *utrum — an* der Propositio als durch die gegensätzlichen *si illo austero more ac modo — sin autem urbanius me agere maris* der Ausführung zum Ausdruck kommt, gestört worden ist: und wirklich ist dieser § 35 in dem gesamten Abschnitte 33—47 der einzige, in dem sich eine Replik auf die Reden der Gegenpartei findet (*accusatores quidem libidines amores . . . symphonias navigia iactant idemque significant nihil se te invita dicere*). Das heißt also: dieses Stückchen ist als Improvisation in den fertigen Plan eingeschoben worden. Von dem § 35 abgesehen ist aber der Abschnitt von 33—47 aus einem Gusse. Erst 48—50 begegnen wieder Repliken auf die Reden der Ankläger: *accusatores . . . dicunt . . .*; *quid est quod obiciant Caelio? . . . sin volunt esse.* Dabei scheint mir vor allem bemerkenswert zu sein, daß die hier sich findenden Repliken mit denen des § 35, den wir soeben als Einlage aussonderten, inhaltlich und in der Form übereinstimmen, besonders auch darin, daß sie mit direkter Apostrophe an Clodia verbunden sind: 35 *tu vero, mulier — iam enim ipse tecum . . . loquor* ∾ 50 *sed ex te ipsa requiro;* 35 *accusatores quidem libidines amores adulteria Baias actas convivia comissationes cantus symphonias navigia iactant idemque significant nihil se te invita dicere* ∾ 49 f. *actis navigatione conviviis . . .*; *crimen accusatores abs te et testem eius criminis te ipsam dicunt se habere;* 35 (Schluß) *quae tu quoniam mente nescio qua effrenata àtque praècipiti in forum deferri iudiciùmque vòluisti, aut diluas opórtet àc fálsa ésse dóceas aut nihil neque crimini tuo neque testimonio credendum ésse fàteáre* ∾ 50 (Schluß) *aut enim pudor tuus defendet nihil a M. Caelio petulantius ésse fáctum, aut impudentia et huic et ceteris magnam ad se defendendum facùltatém dabit*[1]. Dazu kommt,

---

[1] Die Klausel ⏑⏑⏑– –⏑⏓ vertritt hier die übliche –⏑– –⏑–. Ebenso im folgenden *iuventuti putet.* Der Zusammenhang mit dem Dochmius (or. 218) ist klar.

daß 49 ein Ankläger direkt angeredet (*L. Herenni*) und 48, sofort zu Beginn dieses Abschnitts, durch die Worte *verum si quis est qui etiam meretriciis amoribus interdictum iuventuti putet, est ille quidem valde severus-negare nōn pŏssum*, deutlich bezeichnet wird: denn 30 hatte er gesagt: *severitati tuae* (des Herennius) *ita ut oportet respondēre nōn audeō*. Daß die letzteren Worte wiederum einem Abschnitte angehören, der oben (S. 20f.) als Improvisation erwiesen worden ist, trifft sich für den Gang dieser Untersuchung gut: denn es zeigt sich nun auch von dieser Seite, daß der Abschnitt 48—50, der Berührungen mit zwei als Improvisationen erwiesenen früheren Abschnitten hat, auch seinerseits als Improvisation gelten muß.

Dieser improvisierte Abschnitt 48—50 ist es nun aber, der die längere Fassung der zweiten Dublette enthält; die kürzere Fassung 38 ist ein Teil des großen Abschnitts 33—47, der, wie gezeigt wurde, dem präparierten Entwurfe angehörte. Auch von dieser zweiten Dublette gilt, wie von der ersten, daß die Stelle des Entwurfs matt, die improvisierte durch ihre direkten Bezugnahmen auf die Personen der Gegenpartei voll von Aktualität ist. Denn wie matt ist doch, um nur dies zu erwähnen, in 38 der Schluß des Enthymems *adulterum ego putarem si quis hanc paulo liberius salutasset* im Vergleich zu denjenigen mit bestimmten Adressen in 49 *utrum hic tibi L. Herenni adulter an amatŏr, expugnare pudicitiam an explere libidinem voluisse videatur* und in 50 *cum hac aliquid adulescentem hominem habuisse rationis num tibi* (*Clodia*) *pertarpe aut perflagitiosum esse videatur?* In dem Umstande, daß sich beide Dubletten auf Improvisationen zurückführen lassen, glaube ich eine Gewähr für die Richtigkeit der Beweisführung sehen zu dürfen. Der Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Dublette liegt nur darin, daß bei jener die kürzere, bei dieser die längere Fassung als Improvisation oder, anders ausgedrückt, bei jener die längere, bei dieser die kürzere Fassung als präparierter Entwurf anzusprechen ist. Aber dies bedeutet keinen grundsätzlichen, sondern nur einen Gradunterschied, der, wie jeden ein Blick auf den jeweiligen Zusammenhang lehren kann, durch dessen Besonderheit erklärt wird: an der ersten Stelle (§ 28) ist kein Raum für eine längere Darlegung, daher begnügt er sich dort mit einem ganz knappen Auszuge aus seinem umfangreichen Entwurfe; die zweite Stelle (48—50) dagegen bildet das Ende eines ganzen Hauptteils der Rede, daher erweitert er dort die paar Sätze des Entwurfs zu einem wirkungsvollen Abschlusse.

Zu den zwei bisher behandelten Dubletten kommt eine dritte, die sich, so merkwürdig sie auch ist, doch kürzer behandeln läßt:

§ 30ᵐ	§ 51
sunt autem duo crimina, auri et veneni; in quibus una atque eadem persóna vèrsátur. aurum sumptum a Clodia, venenum quaesitum quod Clodiae darétur ut dicitur.	*duo sunt enim crimina una in muliere summorum facinorum, auri quod sumptum a Clódià dicitùr, et veneni quod eiusdem Clodiae necandae causa parasse Cáelium criminántur.*

Das sind zwei so gut wie gleichlautende Anfänge einer argumentatio. An der ersten Stelle (30ᵐ) wären diese Worte, wie bemerkt (S. 20), als unmittelbare Fortsetzung der Worte der propositio 25 *ergo haec removeantur, ut aliquando, in quibus causa nititur, ad ea veniamus* zu erwarten gewesen, aber dann trat die Improvisation 25—30ᵐ dazwischen, und nun wurden sie an deren letzte Worte *atque ego idem qui haec postulo quin criminibus quae in hunc proprie conferuntur diligentissime respondeam non recuso,* also eine abermalige, noch speziellere propositio, genau angeschlossen; wir haben also im Grunde eine dreifache propositio: 22 (*argumentis agemus, signis luce omni clarioribus crimina refellemus: res cum re, causa cum causa, ratio cum ratione pugnabit*). 25. 30ᵐ. Auch an der zweiten Stelle (51) folgen diese Worte gleich auf den improvisierten Abschnitt 48—50; der Übergang geschieht hier durch die Worte 51 *sed quoniam emersisse iam e vadis et scopulos praetervecta videtur esse oratio mea, perfacilis mihi reliquus cùrsus òsténditur. duo sunt enim crimina* usw. An beiden Stellen sitzen die Worte, wie man sieht, unlösbar fest. Der äußere Anlaß der unerträglichen Wiederholung läßt sich noch erkennen. Die Klagepunkte, deren Widerlegung Cicero sich vorbehalten hatte, betrafen 1. versuchten Giftmord an Dio durch Sklaven, die Caelius mit dem von Clodia erhaltenen Gelde bestochen habe, 2. versuchten Giftmord an Clodia selbst. Dieser Teil seiner Rede setzt erst 51 mit den Worten *duo sunt enim crimina* usw. ein. Nun aber hatten die Gegner, insbesondere Balbus, über das liederliche Leben des Caelius ausführlich gesprochen. Daß dies geschehen würde, hatte Cicero natürlich vorausgesehen und sich auf die Erwiderung vorbereitet; es muß von Anfang an in seinem Plane gelegen haben, mit dem Versuche einer Rehabilitierung des Caelius eine Diffamierung der Clodia zu verbinden, da sich nach seiner Behauptung beides bedingte. Aber erst während der Aktion hat er, durch die gerade hierin eindrucksvolle Rede des Balbus veranlaßt, diesem Teile dadurch einen selbständigen Platz in der argumentatio gegeben, daß er ihn an die Improvisation, in der er über den unerwarteten Eindruck jener Rede spricht, unmittelbar angeschlossen hat. Mit der Form dieses Anschlusses machte er es sich bequem: er nahm die für 51, den Beginn der eigentlichen argumentatio, bestimmten Worte *duo sunt enim crimina*

usw. mit ganz geringfügigen Änderungen in 30^{m}, den Beginn der persönlichen Invektive auf Clodia, einfach hinüber[1]. Auch hier also erklärt sich die Dublette wieder aus einer während der Aktion vorgenommenen Benutzung des Entwurfs.

Hiermit hängt folgendes eng zusammen. Wir sahen oben (S. 19f), daß Cicero durch die propositio 22 *argumentis agemus, signis luce omni clarioribus crimina refellemus: res cum re, causa cum causa, ratio cum ratione pugnabit* den Anschein erweckt, als wolle er nun in die Erörterung der Sache selbst eintreten; denn es geht so weiter: 23 *itaque illam partem causae facile patior graviter et ornate a M. Crasso peroratam de seditionibus Neapolitanis, de Alexandrinorum pulsatione Puteolana, de bonis Pallae. vellem dictum esset ab eodem etiam de Dione.* Er behauptet dann aber in einer ganz kurzen, durch die konventionellen und nichtssagenden Worte *de quo ipso tamen quid est quod exspectetis* eingeleiteten Darlegung (23—24), die Ermordung Dios habe mit dem Prozesse des Caelius nichts zu tun; er wolle endlich zur Sache selbst übergehen. Dann aber kommt er nach dem langen Umwege 25—50 wieder auf Dio zurück: 51, also an jener Stelle, an der, wie soeben bemerkt, die eigentliche argumentatio beginnt: *aurum sumpsit, ut dicitis, quod L. Luccei servis daretur, per quos Alexandrinus Dio qui tum apud Lucceium habitabat necaretur,* was dann ausführlich (bis 55) erörtert wird. Nun handelt es sich an der ersten Stelle freilich um die wirklich erfolgte Ermordung des Philosophen, an der zweiten nur um einen nach Be-

[1] F. Schoell, Die Interpolation der Ciceronischen Caeliana (Rh. Mus. XXXV, 1880, eine an scharfsinnigen Einzelbeobachtungen reiche Abhandlung) S. 552f., und ihm folgend Wageningen, hält die Worte 30^{m} *aurum — dicitur* für eine Interpolation aus der späteren Stelle. Aber daraus, daß die Worte in dem alten cod. Parisinus P »zum Teil auf Rasur, einige auch über der Zeile stehen«, würde ich keinen Schluß auf Interpolation zu ziehen wagen. Denn der von Schoell ebenfalls als Beweisinstanz herangezogene Wolfenbüttelanus schreibt die Stelle so: *in quibus una atque eadem persona versatur, ut dicitur*; hier ist klar, daß die in den übrigen Hss. zwischen *versatur* und *ut* stehenden Worte *aurum — daretur* einfach infolge des Homoioteleuton (*versatur — daretur*) ausgefallen sind, und daher ist auch auf die Besonderheiten der Schreibung in P kein Verlaß. Daß durch die Worte *aurum sumptum a Clodia, venenum quaesitum quod Clodiae daretur, ut dicitur* die folgenden (31) *auro opus fuit: sumpsit a Clodia ......; necare eandem voluit: quaesivit venenum* gewissermaßen vorweggenommen werden, ist Schoells Argumentation zuzugeben; aber demgegenüber stelle ich die Gegenfrage, ob die Worte *in quibus una atque eadem persona versatur* verständlich waren, wenn nicht gleich gesagt wurde, wer diese Person war. Die Lässigkeit der Vorwegnahme gebe ich, wie gesagt, zu, glaube aber, daß sie nicht einem Interpolator, sondern Cicero selbst zuzuschreiben ist, der aus den im Texte entwickelten Gründen seine eigene, für 51 bestimmte argumentatio hier antizipiert hat. Für meine Beweisführung kommt auf die Entscheidung dieser Nebensache nichts an; denn auch wer die fraglichen Worte für interpoliert hält, muß das Auffällige der Dublette in den übrigbleibenden Worten (*sunt autem duo crimina ..., in quibus una atque eadem persona versatur* ∾ *duo sunt enim crimina una in muliere*) zugeben.

hauptung der Kläger durch Caelius versuchten Mord. Aber es ist in hohem Grade merkwürdig, daß Cicero, der an der ersten Stelle so tut, als ob er den Klagepunkt, Dio betreffend, in extenso behandeln wolle, diese Erwartung täuscht. Wenigstens dies wäre zu erwarten gewesen, daß er, wenn er aus besonderen Gründen Mord und Mordversuch getrennt behandeln wollte, an der ersten Stelle auf die zweite vor- oder an der zweiten auf die erste rückverwiesen hätte. So aber stehen die beiden Dioabschnitte unvermittelt hintereinander: der *Alexandrinus Dio* wird an der zweiten Stelle eingeführt, als ob von ihm noch gar nicht die Rede gewesen wäre. Der Grund dieser Absonderlichkeit — sie ist von dem holländischen Herausgeber S. XXVI wenigstens bemerkt worden, aber seine Erklärung ist, da sie in keinem Zusammenhange mit den von ihm nicht bemerkten übrigen Unzulänglichkeiten der Komposition steht, verfehlt — ergibt sich aus dem im vorigen Absatze Bemerkten. Derselbe Umstand, der die Dublette der Worte *duo sunt crimina* usw. bewirkte, hat auch die Doppelbehandlung des Klagepunktes Dio zur Folge gehabt: an der ersten Stelle geht er den Worten *duo sunt crimina* usw. voraus (und zwar, nach Aussonderung der Improvisation 25 ff., unmittelbar), an der zweiten folgt er ihnen auf dem Fuße. Denkt man sich daher die Improvisation 25—30^{m} + Invektive auf Clodia 30^{m}—50 weg, so schließen die beiden Dioabschnitte 23—24 + 51 ff. unmittelbar zusammen.

Zum Schlusse der Analyse noch folgende Kleinigkeit. Zweimal spricht er von Fragen, die er in der altercatio Zeugen vorlegen werde: 19 und 67. Beidemal leitet er das fast mit denselben Worten ein: 19 *a quo quaeram, si prodierit* ∾ 67 *ex quibus requiram . . ., si prodierint.* An der zweiten Stelle handelt es sich um Zeugen, von deren Auftreten er in der Verhandlung in iure Kunde erhalten hatte: darauf konnte er sich also vorbereiten, wie denn in der Tat der § 67 einen integrierenden Teil der mit 51 beginnenden argumentatio bildet. Anders an der ersten Stelle: dort handelt es sich um einen Zeugen, von dessen Vorführung er soeben erst aus der Anklagerede Kenntnis erhalten hatte: *quam ob rem illa quae ex a c c u s a t o r u m o r a t i o n e praemuniri iam et fingi intellegebam, fretus vestra prudentia iudices non pertimesco. a i e b a n t enim fore testem senatorem qui se pontificiis comitiis pulsatum a Caelio diceret. a quo quaeram* usw. Der § 19 gehört dem, wie wir sahen, in toto improvisierten Teile extra causam an. Cicero hat also wieder aus dem präparierten Abschnitte etwas in den diesem vorausgeschickten improvisierten hinübergenommen, unbekümmert um die Dublette sowohl des Inhalts als der Form[1].

---

[1] Was L. Laurand, Etudes sur le style des discours de Cicéron (Paris 1907), S. 6 über § 67 sagt, er sei wahrscheinlich so nicht vor Gericht gesprochen worden, da

Dieses ist der Tatbestand und seine auf analytischem Wege gewonnene Erklärung. Nun aber erhebt sich erst recht die Frage nach der Existenzmöglichkeit einer so lässig komponierten Rede wie der Caeliana. Denn mag es auch in andern Reden an kleinen Wiederholungsvarianten eines und desselben Gedankens nicht fehlen, so ist doch ein Zustand wie derjenige der Caeliana innerhalb des gesamten Corpus der ciceronianischen Reden nach meiner Erinnerung beispiellos. Die übrigen Reden liegen uns in einer für das Lesepublikum sowie für die lernbegierige Jugend sorgsam redigierten Fassung vor; vergleicht man etwa die Quinctiana und Rosciana mit ihrer den Anfänger verratenden pedantischen Dispositionsmanier (die er dem Hortensius abgelernt hatte) oder die künstlerisch vollendete, bei freier Bewegung doch streng disziplinierte Kompositionstechnik der Pompeiana und Miloniana mit der saloppen Ungeniertheit der Caeliana, so kann man nicht anders als von Gegensätzen reden. Zwischen diesen wird es manche Abstufungen geben. Daß die Caeliana aber ganz an dem einen Ende steht, und zwar, wenn ich nicht irre, sie allein, darin liegt — von ihren sonstigen Reizen abgesehen — ihr besonderer Wert für uns; hätten wir, wie die Scholiasten noch des späteren Altertums, statt oder neben der für die Edition stark zurechtgemachten Miloniana die wirklich gehaltene, so würden wir infolge der besondern Umstände, unter denen sie gehalten wurde, freilich noch eine erhebliche Stufe tiefer hinabsteigen können (*omnia interrupta et inpolita et rudia*: Schol. Bob. S. 112, Stangl). Den Hergang selbst haben wir uns für die Caeliana etwa folgendermaßen zu denken[1]. Nachdem durch das Verfahren in iure die Klagepunkte festgestellt und die Verteidiger sich über die Verteilung ihrer Rollen einig geworden waren, entwarf sich Cicero, der allgemeinen Praxis entsprechend, eine Skizze (commentarius) des ihm zugewiesenen Teiles der defensio; das Meiste legte

nicht anzunehmen sei, daß Cicero sich durch Aufdecken seiner Karten die Chancen für die altercatio habe verringern wollen, beruht auf einem Irrtum: er wollte dadurch die Zeugen vielmehr einschüchtern oder verhindern, daß sie überhaupt vorgeführt würden. Übrigens hat Laurand den § 19 übersehen, aus dem diese Absicht noch deutlicher als aus 67 hervorgeht.

[1] Natürlich habe ich es auch mit der Annahme nachträglicher Ausarbeitung einzelner Abschnitte versucht; aber wo immer ich da ansetzte, verlor ich den Boden unter den Füßen: ich glaube daher mit Bestimmtheit sagen zu können, daß jeder Versuch, die Unebenheiten durch Aussonderung von Teilen zu glätten, erfolglos bleiben muß. Gerade darin, daß die Rede als Ganzes eine Einheit und doch im einzelnen ungeordnet ist, liegt das Problem, das ich nicht anders lösen kann als so, wie ich es im Texte versuchen werde. Übrigens hat mir R. Heinze, mit dem ich das Problem schriftlich erörtert habe, mitgeteilt, daß auch ihm der sonderbare Zustand dieser Rede aufgefallen sei und daß auch er es vergeblich versucht habe, ihn aus nachträglicher Überarbeitung zu erklären.

er sich, ohne es niederzuschreiben, im Kopfe zurecht. Im großen und ganzen ließ sich ja voraussehen, was die Kläger vorbringen würden, z. B. Angriffe auf die Moral des Caelius; insbesondere mußte sein Verhältnis zu Clodia zur Sprache kommen. Darauf konnte Cicero sich also präparieren; wie sorgfältig er dies zu tun pflegte, hat er im Brut. 312 selbst dargelegt. Anderes, vor allem Repliken auf unvorhergesehene Einzelheiten, mußte der Improvisation vorbehalten bleiben. Daß er so zu verfahren pflegte, konnten die alten Kritiker auf Grund einer Vergleichung der von Tiro veröffentlichten commentarii mit den von Cicero selbst edierten Reden noch feststellen: *plerumque* — schreibt Quintilian X 7,30 — *multa agentibus accidit ut maxime necessaria et utique initia scribant, cetera quae domo adferunt cogitatione complectantur, subitis ex tempore occurrant: quod fecisse M. Tullium commentariis ipsius apparet.* Wir besitzen aus den commentarii außer vier von Diomedes zitierten Worten nur ein längeres Zitat bei Hieronymus in der Apologie gegen Rufinus; es stammt '*ex commentariis causarum pro Gabinio*' (in der Ciceroausgabe von Baiter und Kayser XI S. 38) und ist bezeichnenderweise eine überaus fein ziselierte Sentenz (über die Freundschaft). Solche Skizzen brachte man sich, wenigstens zu Quintilians Zeit, in die Verhandlung mit, um in sie Einsicht nehmen zu können (Quint. a. a. O. 31 *hanc brevem adnotationem libellosque qui vel manu teneantur et ad quos interim respicere fas est*). Für Cicero werden wir das aber nicht annehmen dürfen. Denn wenn er im Brutus a. a. O. sagt: *quas* (*causas*) *nos diligenter elaboratas et tamquam elucubratas adferebamus,* so meint er mit dem *adferre* freilich *in forum* (das er kurz vorher genannt hatte); aber da Quintilian § 30 *domo adferre* in Gegensatz zum *scribere* stellt, so muß es auch bei Cicero bedeuten 'ungeschrieben im Gedächtnisse mit sich von Hause aufs Forum bringen'; wenn er pro Planc. 74 von seiner Dankrede im Senate sagt: *quae propter rei magnitudinem dicta de scripto est,* so war hier das Vorlesen aus dem Konzepte etwas Außergewöhnliches[1]. Stellt man sich nun vor, daß er den Entwurf, wie er selbst bezeugt, bis in Einzelheiten genau fertig im Kopfe trug, so gewinnen solche Dubletten, wie sie sich oben aus der Analyse ergaben, auch an innerer Glaubhaftigkeit: innerhalb der Improvisation 25ff. brachte er in 28 sozusagen den Extrakt eines Teiles des Entwurfs, dann 41ff. diesen Teil in extenso, und umgekehrt wird ein anderer Teil 38 in der kurzen Form des Entwurfs, 49f. in der erweiterten einer Improvisation gegeben. Die gesprochene Rede rauschte schnell vorüber, für sie kam auf den augenblicklichen Eindruck alles an; wirksame Stellen in leicht

[1] Die Stellen Ciceros und Quintilians habe ich mit Th. Birt als dem besten Kenner dieser Dinge vor der Drucklegung brieflich erörtert; was ich im Texte darüber gesagt habe, verdanke ich in allem wesentlichen seiner Mitteilung.

veränderter Form zu wiederholen, konnte der Sache oft dienlich sein, Unebenheiten der Komposition beachtete man nicht oder nahm sie hin. Das alles war bei der für die Zwecke der Publikation ausgearbeiteten Rede anders. Sie gehörte zur Literatur, mußte daher deren Ansprüchen genügen; denn an die Stelle des hörenden Zufallspublikums trat das kritische Lesepublikum, an die Stelle der Affekte des Sprechers wie des Hörers (Tusc. IV 55 *cum iam rebus transactis et praeteritis orationes scribimus, num irati scribimus?*) prüfende Überlegung, das *arbitrium existumantium*, wie er es gerade mit Rücksicht auf die publizierten Reden im Brut. 92 nennt: daher kam es, wie er ebenda sagt, darauf an, durch die nachträgliche Arbeit an den Reden zu erzielen, *ut meliores fierent.* Dieser Verpflichtung hat er sich unseres Wissens bei den Reden, die er der Publikation überhaupt für wert befand, im allgemeinen nicht entzogen; was Calenus bei Dio XLVI 7 sagt: ἢ οἴει τινα ἀγνοεῖν ὅτι μηδένα τῶν θαυμαστῶν σου τούτων λόγων οὓς ἐκδέδωκας, εἴρηκας, ἀλλὰ πάντας αὐτοὺς μετὰ ταῦτα συγγέγραφας, wird ausnahmsweise wahr sein, obgleich es in einer Invektive steht. Auch muß das, was Cicero selbst (Brutus 328) von einer Rede des Hortensius sagt: *totidem quot dixit, ut aiunt, scripta verbis oratio*, da er es als eine ihm vom Hörensagen bekannte Abnormität anführt, eher in dem Sinne verstanden werden, daß er selbst sich einer solchen Handlungsweise nicht bewußt war[1]. Der Ausweg also, der ungeordnete Zustand der Caeliana sei etwa daraus zu erklären, daß Cicero die gehaltene Rede unüberarbeitet herausgegeben habe, ist nicht gangbar. Er ist es auch deshalb nicht, weil wenigstens eine, wie es scheint, sichere Spur der Überarbeitung kenntlich ist. Nämlich durch den glücklichen Zufall, daß der von CLARK entdeckte codex Parisinus am Schlusse des § 19 aus seiner Vorlage, dem alten Cluniacensis, die Worte *DE TESTE FVFIO* bewahrte, haben wir gelernt, daß hier eine redaktionelle Kürzung derselben Art stattgefunden hat, wie wir sie für die Mureniana (57) aus analogen tituli ausgelassener capita schon kannten und wie sie Plinius ep. I 20, 7 außerdem noch für eine Rede Ciceros pro Vareno bezeugt (*ex his apparet*, fügt Plinius hinzu, *illum permulta dixisse, cum ederet omisisse*). Wenn wir nun erwägen, daß die Caeliana auf der einen Seite handgreifliche Spuren der Unfertigkeit, auf der anderen doch eine Spur beabsichtigter Edition zeigt, so gibt es wohl nur eine Lösung ihres Kompositionsproblems: Cicero hat die Rede nach der Aktion im wesentlichen so, wie sie von ihm gehalten worden war, aufgezeichnet

[1] Was Nepos (bei Hieronymus, fr. 45 HALM) zu berichten weiß, *se praesente isdem paene verbis quibus edita est eam pro Cornelio, seditioso tribuno, defensionem peroratam*, beruht, wie Asconius S. 62 Cl. (vgl. Plin. ep. I 20, 8) zeigt, auf einer für Nepos charakteristischen Ungenauigkeit.

(sei es, mit Zuhilfenahme des commentarius, aus dem Gedächtnisse, sei es auf Grund eines Stenogramms), und sie zu überarbeiten nur eben begonnen. In diesem Zustande liegt sie uns vor, *neglegentius scripta quam ceterae*, um es mit seinen eigenen Worten zu sagen, die er von einer im Jahre 58, also zwei Jahre vor dem Caeliusprozesse, gegen seinen Willen an die Öffentlichkeit gelangten fiktiven Rede gebraucht (ad Att. III 12). Auf die Frage, wie es gekommen sein mag, daß gerade die Caeliana in einer ganz provisorischen Überarbeitung an die Öffentlichkeit kam, läßt sich eine bestimmte Antwort natürlich nicht geben, aber doch eine, die vielleicht als wahrscheinlich gelten darf. Die Rede pro Sestio (und die mit ihr engverbundene Vatiniana) fällt in den März 56. Sie gehört zu den für die Publikation am stärksten redigierten; sie muß ediert gewesen sein vor der Konferenz von Luca (Mitte April), denn nach der Schwenkung, die Cicero in seiner Politik auf Grund des Befehls der Triumvirn machte, ist der gerade in der Sestiana so besonders starke Lobpreis des Senatsregiments undenkbar. Der Caeliusprozeß fand am 4. April statt, wenig mehr als eine Woche vor der Konferenz. Man darf also, wie ich glaube, annehmen, daß durch die in Ciceros Leben so tief eingreifende Koalition die Störung in der Ausarbeitung der Caeliana bedingt worden ist. Daß Appius Claudius Pulcher, der Bruder der Clodia, von den Triumvirn zur Konferenz befohlen wurde und daß seine Beziehungen zu Cicero seitdem freundlicher Natur waren, sei auch bemerkt; wer annehmen wollte[1], daß Cicero diese die Familie des Appius schwer kompromittierende Rede infolge der neuen Konstellation der Dinge habe liegen lassen und daß sie erst aus seinem Nachlasse ediert worden sei, könnte schwerlich widerlegt werden.

Aber wie es sich mit diesen Vermutungen auch verhalten mag: jedenfalls besitzt für uns diese Rede, wie schon bemerkt, gerade durch die Spuren ihrer Unfertigkeit einen besonderen Wert. Ciceros Reden als fertige Literaturprodukte kennen wir zur Genüge und werden sie als Erzeugnisse bewußter Gestaltungskunst zu bewundern nicht aufhören; einen um so größeren und intimeren Reiz hat es, von einem solchen Künstler auch eine Rede zu besitzen, in der die disparaten Teile des — zum kleineren Teile schriftlich, zum größeren nur im Kopfe — präparierten Entwurfs und der Improvisation noch nicht zu einer Einheit zusammengeschlossen worden sind.

[1] Diese Kombination verdanke ich C. Cichorius.

Ausgegeben am 16. Januar.

1913.
II.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

9. Januar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Rubner las: Über die Aufnahme gelöster Nährstoffe durch einzellige Organismen. (Ersch. später.)

Es werden Untersuchungen an Hefezellen mitgetheilt, und im Zusammenhange hiermit wird die Bedeutung der Oberfläche von Warmblüter-Zellen für die Resorption in den Organen erläutert.

*2. Hr. Hellmann machte eine Mittheilung über die ungewöhnliche Trübung der Atmosphäre im Sommer 1912.

Als Ursache der weitverbreiteten Erscheinung wird der heftige Vulcanausbruch des Katmai auf Alaska in den Tagen vom 6. bis 8. Juni 1912 angenommen. Der in grosse Höhen geschleuderte Vulcanstaub, der die Absorption der Licht- und Wärmestrahlen der Sonne bewirkte, wurde von der über Nordamerika nachgewiesenen Westdrift von grosser Geschwindigkeit nach Osten getragen und bei weiterer fächerförmiger Ausbreitung nach Europa verfrachtet. Ein Zusammenhang der Trübung mit dem kalten und regnerischen Wetter des Sommers 1912 in Europa wird als höchst unwahrscheinlich bezeichnet. Der Sommer 1783 war sehr warm, obwohl eine ähnliche Dunstschicht, die von Vulcanausbrüchen auf Island herrührte, über Europa lag.

3. Hr. Warburg legte eine Mittheilung vor: Über die Constante c des Wien-Planck'schen Strahlungsgesetzes.

Die Constante c wird gleich 14370 ± 40 Mikron. Grad gefunden, aus Spectralversuchen mit Wellenlängen zwischen 0.6563 und 2.172 μ bei Temperaturen zwischen 1337° und 2238° der absoluten Scala.

4. Hr. Warburg legte weiter eine Abhandlung der HH. Prof. Dr. Karl Scheel und Dr. Wilhelm Heuse von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vor: Die specifische Wärme von Helium und einigen zweiatomigen Gasen zwischen +20 und —180°.

c_p ergab sich für Luft von Atmosphärendruck bei 20° zu 0.240_5. Die Beobachtung von Eucken, nach welcher die Molecularwärme des Wasserstoffes bei tiefer Temperatur sich der eines einatomigen Gases nähert, wurde bestätigt und dasselbe Verhalten, wenn auch in viel geringerem Maasse, für CO und N_2 nachgewiesen.

5. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: von Hrn. Nernst die 7. Auflage seiner Theoretischen Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik (Stuttgart 1913) und die ihm von seinen Schülern zum fünfundzwanzigjährigen Doctorjubiläum gewidmete Festschrift (Halle a. d. S. 1912), von Hrn. Martens Teil 2, Hälfte A seines Handbuchs der Materialienkunde für den Maschinenbau, bearb. von E. Heyn (Berlin 1912).

Über die Konstante c des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes.

Von E. Warburg, G. Leithäuser, E. Hupka und C. Müller[1].

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

§ 1. Bei den hier zu beschreibenden Versuchen zur Bestimmung der Konstanten c des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes wurden von prismatisch zerlegter Hohlraumstrahlung bei zwei Temperaturen T_1 und T_2 Isothermen (Energiekurven) spektralbolometrisch aufgenommen, außerdem vergleichende Helligkeitsmessungen an der roten Wasserstofflinie $\lambda = 0.6563\,\mu$ bei jenen Temperaturen gemacht. Diese Messungen können in bekannter Weise zur c-Bestimmung aus Isochromaten und Isothermen verwandt werden. Von experimentellen Einzelheiten abgesehen unterscheidet sich die hier befolgte Methode in zwei Punkten von früheren Untersuchungen dieser Art.

§ 2. Erstens wurden die absoluten Temperaturwerte T_1 und T_2 nicht, wie bisher üblich, unabhängig voneinander bestimmt, sondern es wurde T_2 aus T_1 nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz abgeleitet, nach welchem

$$T_2 = T_1 \cdot \sqrt[5]{E_{m2}/E_{m1}} = k \cdot T_1, \qquad (1)$$

indem E_{m2} und E_{m1} bzw. die Maximalintensitäten im Normalspektrum bei T_2 und T_1 bedeuten. Der Methode der Isochromaten, welche für Präzisionsbestimmungen vorzuziehen ist, erwächst dadurch ein wichtiger Vorteil. Innerhalb der Grenzen des Wienschen Gesetzes ist nämlich

$$c = \frac{\lambda T_1 T_2 \lg_{10} q_{21}}{(T_2 - T_1) \lg_{10} e}, \qquad (2)$$

wo q_{21} das Intensitätsverhältnis im Normalspektrum bei T_2 und T_1 für die Wellenlänge λ bedeutet. Werden T_1 und T_2 unabhängig vonein-

[1] An den Vorversuchen war Hr. Leithäuser beteiligt. Die definitiven Messungen sind mit vielen Erweiterungen und methodischen Verbesserungen von den HH. Hupka und Müller gemacht. E. Warburg.

ander bestimmt, so ist, wenn δc den Fehler in c infolge eines Fehlers δT_1 in T_1 bedeutet,

$$\frac{\delta c}{c} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot \frac{\delta T_1}{T_1}. \tag{3}$$

Bei der hier befolgten Methode ist indessen T_2 mit T_1 durch (1) verknüpft; setzt man aber $T_2 = kT_1$, so folgt

$$\frac{\delta c}{c} = \frac{\delta T_1}{T_1}. \tag{4}$$

Die Vergleichung von (3) und (4) zeigt, daß ein Fehler in T_1 bei der älteren Methode einen $T_2/(T_2 - T_1)$mal so großen Fehler in c als bei der hier befolgten hervorbringt: z. B. für $T_1 = 1335$ $T_2 = 1673$ einen beinahe 5 mal so großen.

Durch unsere Methode werden auch die Fehler wegen unvollkommener Schwärze des Strahlers stark vermindert. Diese läßt nämlich sowohl E_{m2}/E_{m1} und damit T_2/T_1 als auch q_{21} zu groß erscheinen, so daß infolge von (2) zwei Fehler sich teilweise kompensieren.

§ 3. Der wichtigste Unterschied besteht darin, daß die Apparate zur prismatischen Zerlegung der Strahlung möglichst variiert, insbesondere außer dem bisher ausschließlich benutzten Flußspatprisma auch Quarzprismen verwandt wurden. Das von uns gebrauchte Bolometer war ein Vakuumbolometer[1], die Intensitätsmessungen geschahen nach einer früher beschriebenen Nullmethode[2].

§ 4. I. Versuche mit Quarzprismen.

A. Mit dem Lummer-Kurlbaumschen offenen Strahler[3].

Es wurden immer dieselben Temperaturen T_1 und T_2 thermoelektrisch reproduziert, dabei das im Strahler befindliche Thermoelement nach Bedarf an ein Normalthermoelement angeschlossen, dessen Angaben sich auf Grund besonderer Versuche als unveränderlich erwiesen. T_1 fanden wir um 1.2° höher als den Goldschmelzpunkt. Dieser liegt nach den neueren Messungen von Day und Sosman[4] bei 1062.4°, bezogen auf ein Stickstoffthermometer bei konstantem Volumen mit einem Anfangsdruck von 283 mm Q. bei 0°. Die Reduktion auf die absolute thermodynamische Skala erhöht diese Temperatur um 0.3°. Daher

[1] E. Warburg, G. Leithäuser und Ed. Johansen, Ann. d. Phys. (4) 24, 25, 1907.

[2] E. Warburg und G. Leithäuser, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Bd. 30, S. 119, 1910.

[3] O. Lummer und F. Kurlbaum, Ann. d Phys. (4) 5, S. 829. 1901.

[4] A. L. Day u. R. B. Sosman, Sill. I. (4) 29, S. 93. 1910.

$$T_1 = 1062.4^\circ + 1.2^\circ + 0.3^\circ + 273.1^\circ \text{ oder}$$
$$T_1 = 1337^\circ \pm 1^\circ.$$

Die radiometrisch (§ 2) zu bestimmende Temperatur T_2 wurde außerdem mittels eines von Hrn. DAY freundlichst überlassenen Thermoelements an die DAY-SOSMANsche Skala angeschlossen und ergab sich in dieser nach jenem Element gleich $1675^\circ \pm 2^\circ$.

§ 5. Wir benutzten zwei Quarzprismen I und II, deren brechende Winkel $59^\circ 59' 47''$ (I) und $25^\circ 50' 26''$ (II) betrugen. Der Quarz fängt bei $\lambda = 2\mu$ an merklich zu absorbieren; direkte Versuche ergaben für die Absorption A einer 3.5 cm dicken Quarzschicht bei

λ	2.172	2.246
A	0.0053	0.0108.

Die Dispersion wurde nach der Formel von CARVALLO[1] berechnet, welche sich auf ungefähr 18° bezieht, das ist mit einer Abweichung von ± 2° auch unsere mittlere Versuchstemperatur, die während einer Versuchsreihe bis auf einige Zehntelgrad konstant blieb. Unter diesen Umständen waren Temperaturkorrektionen nicht anzubringen. Die optische Achse unseres Quarzprismas von 60° weicht nach Messungen von Hrn. SCHÖNROCK um 2.8° von der Richtung symmetrischen Strahlendurchganges ab. Eine eingehende, von Hrn. SCHÖNROCK herrührende Diskussion zeigt, daß unter diesen Umständen die Doppelbrechung vernachlässigt werden darf.

§ 6. Zur radiometrischen Bestimmung von T_2 nach WIENS Verschiebungsgesetz wurden die in der Nähe des Emissionsmaximums gelegenen Intensitäten nach der RUNGEschen[2] Formel auf unendlich schmale Spalt- und Bolometerbreite[3] reduziert, von dem Einfluß selektiver Reflexion und Absorption befreit, endlich auf das Normalspektrum reduziert. T_2 ergab sich mit Prisma I (60°) aus 5 Versuchen zu $1673.7^\circ \pm 0.6^\circ$, mit Prisma II (26°) aus 6 Versuchen zu $1672.4^\circ \pm 0.3^\circ$. Die Spaltbreitenkorrektion erhöht die Temperatur beim Prisma I um 0.4°, beim Prisma II um 3.2°. Deshalb bringen wir die Bestimmung durch I mit dem dreifachen, die Bestimmung durch II mit dem einfachen Gewicht in Rechnung und finden so

$$T_2 = 1673.4^\circ$$

um 1.6° tiefer als nach dem DAYschen Thermoelement (§ 4).

§ 7. Zur c-Bestimmung kann die Methode der Isochromaten und die Methode der Isothermen benutzt werden.

[1] CARVALLO, C. R. 126, S. 728. 1898.

[2] C. RUNGE, Zeitschr. f. Math. u. Phys., 42. Jahrg., S. 205. 1897.

[3] Bolometer- und Spaltbildbreite betrugen 1.3 mm entsprechend 6.4 Bogenminuten.

Bei der Methode der Isochromaten entnimmt man aus den beobachteten Isothermen für die Temperaturen T_1 und T_2 die Intensitätsverhältnisse q_{21} für gleiche Wellenlängen. Dabei fällt die Reduktion aufs Normalspektrum fort, ferner verschwinden alle Korrektionen wegen der selektiven Eigenschaften des zerlegenden Apparats; nur die Spaltbreitenkorrektion ist anzubringen, da die Intensitätsverteilung im prismatischen Spektrum bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene ist. Bei der Berechnung von c aus Isochromaten im Ultrarot muß man in der Regel auf die allgemeine Plancksche Strahlungsformel zurückgehen. Wir haben diese Methode auf die Wellenlängen 0.6563, 1.132, 1.329, 1.588, 2.172 μ angewandt und betrachten die folgenden Bestimmungen als Normalbestimmungen.

1. Für $\lambda = 0.6563$ ergab sich aus 3 Versuchen $\lg q_{21} = 1.431 \pm 0.7$, woraus $c =$ **14385**.

2. Für die vier erwähnten Wellenlängen im Ultrarot haben wir q_{21} mit 6 verschiedenen dispergierenden Apparaten gemessen, nämlich mit den beiden Quarzprismen, mit zwei verschiedenen Flußspatprismen von 60°, mit zwei derartigen hintereinandergeschalteten Flußspatprismen; endlich wurde im letzten Falle eine 3.5 cm dicke Quarzplatte in den parallelen Strahlengang eingeschaltet. Sehr gut war die Übereinstimmung der 6 Werte für $\lambda = 1.588$, für welche sich ergab $\lg_{10} q_{21} = 0.5922 \pm 0.0001$. Hier scheinen also die Brechungsexponenten für Quarz und Flußspat richtig bestimmt zu sein; außerdem ist die Spaltbreitenkorrektion für $\lambda = 1.588$ sehr klein. Der gegebene Mittelwert liefert $c =$ **14362**. Die drei anderen Mittelwerte zeigen einen systematischen Gang (§ 12) und scheiden deshalb aus, liefern übrigens im Mittel den abgerundeten Wert $c = 14360$.

3. Am kleinsten sind die Spaltbreitenkorrektionen für das Quarzprisma von 60°; ferner sind die Messungen wegen der großen Dispersion hier am genauesten, und die gewonnenen c-Werte zeigen keinen Gang mit der Wellenlänge. Deshalb betrachten wir das Mittel dieser c-Werte auch als Normalbestimmung. In die folgende Tabelle sind mit Rücksicht auf § 8 die aus Isothermen folgenden c-Werte ebenfalls aufgenommen.

Quarzprisma von 60° $T_1 = 1337°$ $T_2 = 1673.4°$

λ	c aus Isochr.	c aus Isoth. 1337°	c aus Isoth. 1673.4°
0.6563	14385	—	—
1.132	14395	14381	14391
1.329	14386	14415	14487
1.588	14360	14342	—
2.172	14379	—	14288
Mittel	**14381**	14379	14389

§ 8. Bei der nur auf die bolometrischen Messungen anwendbaren Berechnung von c nach der Methode der Isothermen verfuhren wir folgendermaßen. Aus der Formel von PLANCK folgt

$$\frac{E}{E_m} = \left(\frac{\lambda_m}{\lambda}\right)^5 \cdot \frac{142.32}{e^{4.9651 \lambda_m/\lambda} - 1}, \tag{5}$$

indem E, E_m die Intensitäten im Normalspektrum bei λ, λ_m bedeuten und λ_m die Wellenlänge maximaler Emission bezeichnet. Man entwirft eine Tabelle, welche E/E_m nach (5) als Funktion von λ_m/λ bzw. λ/λ_m angibt, und zwar genügt es, E/E_m für Werte von λ/λ_m und λ_m/λ zwischen 0.5 und 1 zu berechnen. Aus den beobachteten Werten von E/E_m entnimmt man der Tabelle die zugehörigen Werte von λ/λ_m, findet so λ_m aus λ und erhält

$$c = 4.9651 \cdot \lambda_m \cdot T. \tag{6}$$

Da E und E_m sich auf verschiedene Wellenlängen beziehen, so sind die beobachteten Werte der Intensität im prismatischen Spektrum auf das Normalspektrum zu reduzieren und von allen selektiven Eigenschaften des zerlegenden Apparats zu befreien. In letzterer Beziehung kommt bei den § 6 erwähnten Korrektionen, wenn es sich um die kleineren Wellenlängen handelt, die Korrektion wegen unvollkommner Reflexion der Spektrometerspiegel in Betracht; die Reflexion an diesen Spiegeln haben wir nach der Methode von HAGEN und RUBENS[1] gemessen; sie nimmt mit zunehmendem Alter der Spiegel etwas ab, die betreffende Korrektion ist deshalb nicht ganz sicher und die Spiegel sind in angemessenen Zeitintervallen frisch zu versilbern.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Methode der Isothermen mit einer Reihe von Fehlerquellen, welche bei der Methode der Isochromaten fortfallen, behaftet und deshalb für Normalbestimmungen weniger geeignet ist. Immerhin stimmen nach der Tabelle des § 7 die c-Werte aus Isothermen mit den c-Werten aus Isochromaten einigermaßen befriedigend überein.

§ 9. B. Versuche mit dem Quarzprisma von 60° bei höherer Temperatur.

Zu diesen Versuchen wurde der früher beschriebene Vakuum-Kohlestrahler benutzt[2]. Als Ausgangstemperatur T_1 wählten wir die Temperatur T_2 der vorigen Versuche, nämlich 1673.4° nach radiometrischer Bestimmung aus dem Verschiebungsgesetz (§ 6). Wir stellten

[1] E. HAGEN und H. RUBENS. Ann. d. Phys. (4) 11, S. 876, 1903.

[2] E. WARBURG und G. LEITHÄUSER. Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 30. Jahrg., S. 119, 1910.

den Vakuumkohlestrahler auf diese Temperatur ein, indem wir das Verhältnis der prismatischen Intensitäten bei zwei Wellenlängen (λ = 1.132 und 1.709) in ihm auf denselben Wert brachten, welchen der offene Strahler nach thermoelektrischer Einstellung auf 1673.4° zeigte. Die höhere Temperatur T_2 wurde wieder radiometrisch bestimmt. Der Kohlestrahler kann durch Verschieben des Mittelblocks bis zum fast völligen Verschwinden desselben einreguliert werden, was bei dem offenen Strahler nicht möglich ist.

Quarzprisma 60° $T_1 = 1673.4$ $T_2 = 2238.3°$

λ	c aus Isochr.
0.6563	14335
1.132	14354
1.329	14351
1.588	14370
2.172	14425
Mittel	**14367**

Die Wellenlänge maximaler Emission ist bei 2238.3° schon so klein (1.29 μ), daß wegen unvollkommener Reflexion der Silberspiegel eine Korrektion anzubringen ist, welche T_2 um 3° erhöht, den c-Wert um 4 Promille erniedrigt.

§ 10. Wir fügen den drei aus Isochromaten zwischen 1337° und 1673.4° gewonnenen Normalbestimmungen den aus Isochromaten zwischen 1673.4° und 2238.3° gefolgerten Mittelwert mit einfachem Gewicht hinzu und erhalten als Endergebnis

$$c = \frac{1}{4}(14385 + 14362 + 14381 + 14367) = 14374$$

oder abgerundet

$$c = \mathbf{14370} \pm 40 \text{ Mikron} \cdot \text{Grad}$$

aus Spektralversuchen mit Wellenlängen zwischen 0,6563 und 2,172 μ bei Temperaturen zwischen 1337° und 2238° der absoluten Skala.

Daraus

$$\lambda_m T = 2894 \pm 8\,.$$

Was die Zuverlässigkeit dieses Ergebnisses anbelangt, so beträgt zwar der wahrscheinliche Fehler des Mittelwertes von c aus den vier Bestimmungen nur 4 Einheiten der letzten Stelle; doch sind sämtliche Bestimmungen mit den Fehlern behaftet, welche von ungenauer Messung der Temperaturen T_1 und T_2 herrühren. Das führt auf die angegebene Unsicherheit von etwa 40 Einheiten der letzten Stelle in c. Infolge unvollkommener Schwärze des benutzten Strahlers wäre der gefundene

Wert zu hoch; doch ist dieser Fehler bei unserer Methode jedenfalls viel weniger als bei älteren Versuchen zu befürchten (§ 2).

§ 11. Das von verschiedenen Beobachtern bestimmte Helligkeitsverhältnis der Hohlraumstrahlung beim Palladium- und Goldschmelzpunkt kann zur Vergleichung unseres Ergebnisses mit der DAY-SOSMANschen Temperaturskala dienen. In der folgenden Tabelle ist aus q_{21} = Helligkeit am Palladiumschmelzpunkt/Helligkeit am Goldschmelzpunkt für Hohlraumstrahlung verschiedener Wellenlängen mit $c = 14370$ und $T_1 = 1335.8°$ (§ 4) nach Gleichung (2) § 2 die absolute Temperatur des Palladiumschmelzpunktes T_2 berechnet. t_2 ist die Temperatur dieses Punktes in der DAY-SOSMANschen Skala, welche bei der Reduktion auf die absolute Skala beim Palladiumschmelzpunkt um $+0.5°$ zu korrigieren ist, so daß $t_2 = T_2 - 0.5° - 273.1°$.

λ	q_{21}		T_2	t_2
0.5893	131 ± 2.6	(NERNST und v. WARTENBERG)[1]	$1822.5° \pm 3°$	$1548.9° \pm 3°$
0.6563	80.5	(HOFFMANN und MEISSNER)[2]	1824.1°	1550.5°
			Mittel	1549.7°

DAY und SOSMAN finden den Palladiumschmelzpunkt in ihrer Skala zu $1549.2° \pm 2°$, es zeigt sich hier eine befriedigende Übereinstimmung.

§ 12. II. Versuche mit Flußspatprismen.

Während unsere Versuche mit Quarzprismen untereinander und mit gasthermometrischen Messungen befriedigend übereinstimmen, zeigen unsere Versuche mit Flußspatprismen in beiden Hinsichten Unstimmigkeiten.

1. Lieferten drei verschiedene Flußspatprismen von ungefähr 60° nach dem Verschiebungsgesetz die Temperatur T_2 der §§ 4—6 nahe übereinstimmend um ungefähr 8° tiefer als das DAYsche Thermoelement, bei Anwendung von zwei Flußspatprismen hintereinander erniedrigte sich dieser Betrag auf 5.2° C. Die Einschaltung einer 3.5 cm dicken Quarzplatte in den parallelen Strahlengang ließ diese Ergebnisse innerhalb der Versuchsfehler ungeändert[3].

2. Die c-Werte ergaben sich verschieden, je nach der zur Bestimmung benutzten Wellenlänge, wie aus folgender Tabelle hervorgeht.

[1] W. NERNST und H. v. WARTENBERG, Verhandl. d. D. Phys. Ges. für 1906, S. 48. Dieselben schätzen den Fehler in q_{21} bei ihren Messungen auf 2 Prozent.

[2] F. HOFFMANN und W. MEISSNER, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, 32. Jahrg., S. 201, 1912.

[3] Bei Anwendung eines Flußspatprismas von 60° wurde T_2 gleich 1666.9°, bei Anwendung des Quarzprismas von 60° gleich 1673.7° gefunden. Die Differenz von 6.8° entsteht durch eine Differenz von 2.1 Prozent in dem Verhältnis der Maximalemissionen (E_{m2}/E_{m1}).

Flußspatprisma von 60° $T_1 = 1337°$ $T_2 = 1666.9°$.

λ	c aus Isochr.	c aus Isoth. 1337°	c aus Isoth. 1666.9°
0.6563	14608	—	—
1.132	14491	14368	14282
1.330	14573	14491	14411
1.589	14599	14511	—
2.173	14625	—	14625

Hier zeigt sich sowohl bei den Isochromaten wie bei den Isothermen im Ultrarot ein Gang der c-Werte in dem Sinne, daß sie mit der zur Bestimmung benutzten Wellenlänge wachsen, während die Isochromate von $\lambda = 0.6563$ wieder einen höheren c-Wert liefert als die Isochromate von $\lambda = 1.132$. Derselbe Gang wurde bei Flußspatversuchen zwischen 1337° und 1900° abs. beobachtet.

§ 13. Den Grund dieser Unstimmigkeiten können wir mit Sicherheit nicht angeben. Als Erklärungsmöglichkeit kommen kleine Fehler in der Dispersionskurve bei Flußspat in Betracht, worauf die Ergebnisse an Isochromaten entschieden hindeuten und worauf an anderem Orte näher eingegangen werden soll.

Die Wellenlänge maximaler Emission bei 1337° ergab sich nach der Methode des § 8 aus Intensitätsmessungen bei $\lambda = 1.588$ nach Flußspatversuchen mit einem Prisma und mit zwei Prismen übereinstimmend zu 2.186, nach Quarzversuchen zu 2.160. Dieser Unterschied beruht ebenso wie der Unterschied in der mit Flußspat und Quarz bestimmten radiometrischen Temperatur darauf, daß der Abfall der Intensität nach kürzeren Wellenlängen hin bei Flußspat schneller als bei Quarz erfolgt. Es schien möglich, daß dieses Verhalten mit den vielen Einschlüssen des Flußspats zusammenhänge, welche zu inneren Reflexionen Veranlassung geben. Um diese Vermutung zu prüfen, schalteten wir unter Anwendung eines Quarzprismas von 60° eine 30 mm dicke planparallele Flußspatplatte in den parallelen Strahlengang ein und bestimmten erstens die durch die Flußspatplatte hervorgebrachte Schwächung der Intensität, zweitens nach dem Verschiebungsgesetz die Temperatur T_2 ohne und mit Flußspatplatte. Die Schwächung ergab sich größer als nach den Fresnelschen Formeln zu erwarten war, und zwar waren die Unterschiede prozentisch größer für kürzere als für längere Wellen; T_2 ergab sich zu 1673.8° ohne Flußspatplatte und zu 1671.6° mit Flußspatplatte. Die Unterschiede gehen zwar in dem erwarteten Sinne, sind aber bei weitem zu klein, als daß sie zu der gewünschten Erklärung führen könnten.

Jedenfalls lassen die besprochenen Tatsachen den Flußspat vorläufig nicht als ein einwandfreies Material für c-Bestimmungen er-

scheinen, was uns veranlaßt, die Ergebnisse der Flußspatversuche zu verwerfen[1].

§ 14. Vergleichung mit älteren Versuchen.

Bei Zerlegung durch Flußspat fanden Lummer und Pringsheim[2] durch λ_m-Bestimmung aus Isothermen $c = 14600$, Paschen[3] nach derselben Methode $c = 14500$. Ebenso finden wir aus der Goldschmelzpunktsisotherme durch λ_m-Bestimmung aus Intensitätsmessung bei $\lambda = 1.588$ — also unabhängig von radiometrischer Temperaturmessung — $c = 14500$. Insofern stimmen unsere Versuche mit denen der genannten Herren nahe überein. Freilich sind die von denselben isothermisch gefundenen c-Werte durch Helligkeitsvergleichungen bei verschiedenen Temperaturen, also unabhängig von den Eigenschaften des Flußspats, bestätigt worden (Wanner[4] 14509, Lummer und Pringsheim[5] 14580). Allein gegen die Temperaturbestimmung bei jenen Versuchen sind von den HH. Holborn und Valentiner[6] gegründete Bedenken erhoben worden.

Daß die von Lummer und Pringsheim sowie von Paschen gefundenen c-Werte zu hoch seien, wurde zuerst von Holborn und Valentiner behauptet. Dieselben fanden aus Helligkeitsmessungen bei gasthermometrisch bestimmten Temperaturen $c = 14200$[7]. Doch liefert ihre Skala etwas höhere Temperaturen als die Skala von Day und Sosman, mit welcher unsere Versuche im Einklang sind. Daher liegt unser c-Wert höher.

---

[1] Der in diesen Berichten für 1910 S. 925 gegebene Wert $c = 14570$ beruhte auf Flußspatversuchen und auf einer ungenauen Bestimmung des Helligkeitsverhältnisses beim Palladium- und Goldschmelzpunkt und wird hierdurch zurückgezogen.
E. Warburg.

[2] O. Lummer und E. Pringsheim, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1899, S. 218.

[3] F. Paschen, Ann. d. Phys. (4) 4, S. 288, 1901.

[4] H. Wanner, Ann. d. Phys. (4) 2, S. 153, 1900.

[5] O. Lummer und E. Pringsheim, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 1901, S. 42.

[6] L. Holborn und S. Valentiner, Ann. d. Phys. (4) 22, S. 1, 1907.

[7] L. Holborn und S. Valentiner a. a. O.

Die spezifische Wärme von Helium und einigen zweiatomigen Gasen zwischen +20 und −180°.

Von Karl Scheel und Wilhelm Heuse.

(Vorgelegt von Hrn. Warburg.)

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Die folgende Untersuchung ist die Fortsetzung einer früheren Arbeit, über die in den Annalen der Physik berichtet ist[1]. Während sich die damaligen Messungen auf die Bestimmung der spezifischen Wärme der Luft beschränkten, ist jetzt eine größere Anzahl von Gasen untersucht worden.

Die früher angewendete Methode (continuous flow method) ist beibehalten worden; die Messung der Temperaturen, der Gasmenge und der zugeführten Energie erfolgte genau wie früher. Wesentlich geändert wurde nur die Führung des Gasstromes. Die früher offene Zirkulation wurde zu einer geschlossenen ausgebildet, die nur etwa 5 l Gas benötigte; so war es möglich, auch seltene und giftige Gase zu untersuchen.

Aus den direkt gemessenen Größen, der zugeführten Energie A, der Gasmenge Q und der Temperaturänderung Δt, kann die spezifische Wärme nach der Formel

$$c_p = \frac{A}{Q \cdot \Delta t}\left(1 - \frac{k}{Q^2}\right)$$

berechnet werden. Die Kontante k wird durch Kombination mehrerer Versuche mit verschiedenem Q ermittelt. Die Zulässigkeit dieser Formel ist in unserer ersten Veröffentlichung ausführlich begründet worden. Die aus der Gesamtheit unserer Messungen sich ergebenden Schlußwerte c_p sind in Tabelle 1 zusammengestellt und aus ihnen die in der dritten Spalte der Tabelle hinzugefügten Werte der spezifischen Wärme in kalorischem Maße durch Multiplikation mit dem Wärmeäquivalent

[1] Karl Scheel und Wilhelm Heuse, Ann. d. Phys. (4) 37, S. 79—95, 1912.

der Wattsekunde 0,2387 $\frac{g\text{-Kal}_{15}}{\text{Wattsek.}}$ berechnet. Die nächste Spalte der Tabelle enthält dann C_p, das Produkt aus c_p im kalorischen Maße und dem Molekulargewicht.

Aus C_p berechnet man C_v, das Produkt aus der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen c_v und dem Molekulargewicht, sowie die für den idealen Gaszustand geltenden C_{p_0} und C_{v_0} auf Grund der thermodynamischen Beziehungen

$$C_p - C_v = T\left(\frac{dp}{dT}\right)_v \cdot \left(\frac{dv}{dT}\right)_p \text{ und } \left(\frac{dC_p}{dp}\right)_T = -T\left(\frac{d^2v}{dT^2}\right)_p$$

in Verbindung mit der von D. BERTHELOT aufgestellten Zustandsgleichung[1]

$$pv = RT + \left(b - \frac{a}{RT^2}\right)p,$$

wo $R = 1.985$ die Gaskonstante, $b = \frac{v_e}{4}$, $a = \frac{27}{64} R^2 \frac{T_e^3}{p_e}$, v_e und T_e das kritische Volumen und die kritische Temperatur des Gases bezeichnen. Nennt man noch p_e den kritischen Druck, so gelten schließlich folgende Beziehungen:

Tabelle 1.

Temperatur	c_p Wattsek./g. Grad	c_p g-Kal$_{15}$/g. Grad	C_p	C_v	C_{p_0}	C_{v_0}	k	k_0
				Helium.				
+ 18	5.278	1.26$_0$	4.993	3.008	4.993	3.008	1.660	1.660
−180	5.22	1.24$_5$	4.934	2.949	4.934	2.949	1.673	1.673
				Wasserstoff.				
+ 16	14.26	3.403	6.860	4.875	6.860	4.875	1.407	1.407
− 76	13.23	3.157	6.365	4.379	6.364	4.379	1.453	1.453
−181	11.08	2.644	5.330	3.338	5.320	3.335	1.597	1.595
				Stickstoff.				
+ 20	1.044	0.249$_2$	6.983	4.989	6.969	4.984	1.400	1.398
−181	1.071	0.2556	7.162	4.879	6.718	4.733	1.468	1.419
				Sauerstoff.				
+ 20	0.914	0.218$_2$	6.98$_3$	4.98$_9$	6.97$_0$	4.98$_5$	1.399	1.398
− 76	0.898	0.214	6.86	4.84	6.81	4.83	1.416	1.411
−181	0.956	0.228	7.30	5.04	6.90	4.91	1.447	1.404

[1] D. BERTHELOT, Trav. et Mém. du Bur. intern. des Poids et Mes. **13**, S. 46, 1907.

Temperatur	c_p Wattsek. / g. Grad	c_p g-Kal₁₅ / g. Grad	C_p	C_v	C_{p_0}	C_{v_0}	k	k_0
			Atmosphärische Luft (kohlensäurefrei).					
+ 20	1.008	0.2406	6.965	4.972	6.953	4.968	1.401	1.400
− 76	1.018	0.2430	7.04	5.02	6.99	5.01	1.401	1.396
−181	1.046	0.2496	7.23	4.99	6.85	4.86	1.450	1.408
			Kohlenoxyd.					
+ 18	1.048	0.2502	7.006	5.011	6.991	5.006	1.398	1.396
−180	1.084	0.2587	7.244	4.922	6.743	4.758	1.472	1.417

$$C_p - C_v = R\left[1 + \frac{27}{32}\left(\frac{T_c}{T}\right)^3 \cdot \frac{p}{p_c}\right]^2$$

$$C_v - C_{v_0} = \frac{27}{16}\left(\frac{T_c}{T}\right)^3 \cdot \frac{p}{p_c}$$

$$C_{p_0} - C_{v_0} = R.$$

Die hiermit berechneten C_v, C_{p_0}, und C_{v_0} sind in den weiteren Spalten der Tabelle gegeben. Hinzugefügt sind noch die Zahlen für das Verhältnis der spezifischen Wärmen

$$k = \frac{C_p}{C_v}; \qquad k_0 = \frac{C_{p_0}}{C_{v_0}}.$$

Die relative Genauigkeit unserer C_p-Werte schätzen wir auf Grund der inneren Übereinstimmung der Einzelmessungen auf ± 1 Promille bei Zimmertemperatur, auf ± 5 Promille bei der Temperatur des flüssigen Sauerstoffs.

Zwischen unseren Ergebnissen und denen von Swann[1] besteht durchaus befriedigende Übereinstimmung; dagegen weichen unsere Zahlen von denjenigen, die Regnault gibt, auffallend ab. Für Luft bei 20° und Atmosphärendruck gibt Regnault den Wert $c_p = 0.2375$, wir finden $c_p = 0.2406$. Hierzu ist folgendes zu bemerken: Regnault stellte Versuche mit verschiedenen Gasmengen an und folgerte aus seinen Messungen, daß der für die spezifische Wärme errechnete Wert c bei kleiner Gasmenge zwar mit dieser wächst, bei den größeren von ihm benutzten Gasmengen jedoch von dieser unabhängig und gleich der spezifischen Wärme c_p wird. Eine eingehende Bearbeitung des Regnaultschen Zahlenmaterials zeigt indessen, daß diese Folgerung nur statthaft ist, wenn eine Unsicherheit von etwa ½ Prozent zugelassen wird.

Ferner hat Regnault durch Versuche festgestellt, daß die nicht erwärmte strömende Luft infolge ihrer Entspannung unter den üblichen

[1] W. F. G. Swann, Phil. Trans. (A) 210 S. 199—238, 1910.

Versuchsbedingungen im Kalorimeter eine Temperaturerniedrigung hervorrief, die eine Korrektion von etwa $\frac{2}{3}$ Prozent veranlassen würde. Regnault bewertete scheinbar die Genauigkeit seiner Versuche nicht so hoch, daß er es für angebracht hielte, diese Korrektion zu berücksichtigen.

Aus diesen Tatsachen muß man schließen, daß die systematische Unsicherheit der Regnaultschen Werte sicher nicht geringer als 1 Prozent und die Abweichung unserer Zahlen von denen Regnaults dadurch genügend erklärt ist.

Die Versuche Regnaults sind später von Wiedemann[1] wiederholt worden. Wiedemann arbeitet bei Luft im wesentlichen mit nur einer Strömungsgeschwindigkeit, so daß es nicht möglich ist, über die Größe des Einflusses der oben besprochenen, sicher vorhandenen systematischen Fehlerquelle etwas auszusagen.

Es bietet ein Interesse, die aus unseren Messungen abgeleiteten Werte von k mit denen einiger anderer Beobachter zu vergleichen.

Für Helium bei Zimmertemperatur haben früher gefunden

Ramsay, Collie und Travers[2] $k = 1.63$ bis 1.65,
Behn und Geiger[3] $k = 1.63$.

Beide Werte sind ebenso wie der unsrige $k = 1.660$ kleiner als der von der Theorie für starre einatomige Moleküle geforderte.

Von den zweiatomigen Gasen ist atmosphärische Luft bei Zimmertemperatur vielfach untersucht worden, doch kommen für unsere Diskussion zum Vergleich nur die Beobachtungen von Röntgen[4], Lummer und Pringsheim[5] und neuerdings von Moody[6] in Frage.

Lummer und Pringsheim geben auch für Sauerstoff und Wasserstoff vergleichbare Werte an.

Tabelle 2.
Verhältnis der spezifischen Wärmen.

	Luft	Sauerstoff	Wasserstoff
Röntgen	1.405	—	—
Lummer und Pringsheim	1.402	1.398	1.408
Moody	1.402[7]	—	—
Scheel und Heuse	1.401	1.399	1.407

[1] Eilhard Wiedemann, Pogg. Ann. **157**, S. 1—42, 1876.
[2] W. Ramsay, I. N. Collie und M. Travers, Journ. chem. soc. **67**, S. 684, 1895.
[3] U. Behn und H. Geiger, Verhandl. d. D. Phys. Ges. **9**, S. 657, 1907.
[4] W. C. Röntgen, Pogg. Ann. **148**, S. 580, 1873.
[5] O. Lummer und E. Pringsheim, Wied. Ann. **64**, S. 155, 1898.
[6] H. W. Moody, Phys. Ztschr. **13**, S. 383—388, 1912.
[7] Streng berechnet statt des von Moody veröffentlichten 1.401.

Die Übereinstimmung unserer Zahlen mit denen von Lummer und Pringsheim und von Moody ist eine gute.

Die spezifische Wärme bei konstantem Volumen ist in tiefer Temperatur von Eucken[1] an Wasserstoff bestimmt worden. Er findet in Bestätigung einer von Nernst ausgesprochenen Vermutung einen beschleunigten Abfall der spezifischen Wärme, der durch unsere Messungen auch quantitativ gut bestätigt wird.

Unsere Messungen zeigen auch bei Stickstoff und Kohlenoxyd einen Abfall, der, wenn man die von anderer Seite bei höheren Temperaturen gefundenen Werte berücksichtigt, ebenfalls als beschleunigter Abfall anzusprechen ist.

[1] A. Eucken, Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912, S. 141—151.

Ausgegeben am 16. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.

III.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

16. Januar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Orth las über tuberculöse Reinfection und ihre Bedeutung für die Entstehung der Lungenschwindsucht.

Eine Reinfection kommt bei Tuberculose vor, sowohl eine endogene als auch eine exogene, eine volle Immunität wird also durch eine einmalige tuberculöse Erkrankung nicht erworben. Eine geringe Immunität wird durch eine solche wohl erzeugt, aber diese hindert nicht Neuerkrankungen auch ohne massige Infection. Eine Lungenschwindsucht kann durch eine erste Infection erzeugt werden, aber Überstehen einer solchen Infection scheint die Entstehung einer Lungenschwindsucht durch Reinfection zu begünstigen, weniger durch unvollständige Immunisirung als durch Schädigung gerade der Lungen, welche dadurch zur Schwindsucht disponirt werden.

2. Das correspondirende Mitglied Hr. Wien in Würzburg übersendet eine Mittheilung »Zur Theorie der elektrischen Leitung in Metallen«. (Ersch. später.)

Es wird ein Versuch gemacht, die Theorie der metallischen Elektricitätsleitung auf die Quantentheorie zu gründen, mittels der Annahme, dass es eigentliche freie Elektronen nicht giebt, dass sich aber Elektronen im Innern der Metalle in bestimmter Bewegung befinden, die von der Temperatur nicht abhängig ist. Diese Elektronen können durch äussere Kräfte im Metall verschoben werden, und zwar ohne Widerstand, solange kein Zusammenstoss der Elektronen mit den Metallatomen stattfindet. Solche Zusammenstösse finden in einem Metallkrystall nicht statt, solange die Atome in ihrer regelmässigen Lage verharren, wohl aber, wenn durch die Wärme Schwingungen der Metallatome um Gleichgewichtslagen hervorgerufen werden. Unter Benutzung der Debye'schen Theorie der specifischen Wärmen ergiebt sich so eine Formel für die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur, die nicht wesentlich von der empirischen Formel von Kamerlingh Onnes abweicht.

3. Hr. Sachau legte vor eine Abhandlung des Hrn. Prof. Dr. Eugen Mittwoch in Berlin »Zur Entstehungsgeschichte des islamischen Gebets und Cultus«, deren Aufnahme in die Abhandlungen der Akademie genehmigt wurde.

Unter Benutzung der arabischen und hebräischen Quellen prüft der Verfasser die einzelnen Bestandtheile der eigenthümlichen täglichen Gebete des Islams, der Cultushandlung des Freitags und anderer Gelegenheiten, und beweist im Einzelnen eine weitgehende Entlehnung aus den Cultusformen des jüdischen Gottesdienstes.

4. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: Bd. 7 der mit Unterstützung der Akademie bearbeiteten Ausgabe der Werke des Libanius von R. Foerster (Lipsiae 1913), von Hrn. Planck die 2. Aufl. seiner Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung (Leipzig 1913) und von Hrn. von Schmoller sein Werk: Charakterbilder (München und Leipzig 1913).

5. Die Akademie hat Hrn. Stumpf zur Weiterführung des von ihm begründeten Phonogramm-Archivs 1500 Mark und Hrn. Dr. Paul Victor Neugebauer in Berlin zur Fortführung seiner Hülfstafeln zur astronomischen Chronologie 300 Mark bewilligt.

Seine Majestät der Kaiser und König haben durch Allerhöchsten Erlass vom 11. December 1912 die Wahl des Directors des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie und ordentlichen Professors an der Universität Berlin Geheimen Regierungsraths Dr. Ernst Beckmann zum ordentlichen Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe zu bestätigen geruht.

Das correspondirende Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Paul Gordan in Erlangen ist am 21. December 1912 und das correspondirende Mitglied der philosophisch-historischen Classe Julius Euting in Strassburg am 2. Januar 1913 verstorben.

Über tuberkulöse Reinfektion und ihre Bedeutung für die Entstehung der Lungenschwindsucht.

Von J. ORTH.

In meinem vorjährigen Vortrage habe ich ganz kurz auch der Möglichkeit gedacht, daß Überstehen einer Perlsuchtinfektion in der Jugend die Disposition zu einer chronischen Lungenschwindsucht verleiht oder doch verleihen kann. Ich habe damit zwei Fragen berührt, mit denen ich mich heute etwas eingehender beschäftigen will, nämlich die Frage der tuberkulösen Reinfektion im allgemeinen und die Frage nach der Bedeutung einer Reinfektion für die Entstehung der Lungenschwindsucht der Erwachsenen im besonderen.

Unter tuberkulöser Reinfektion versteht man heute zweierlei: 1. die exogene Reinfektion, bei der ein bereits tuberkulöses Individuum durch neuen Import von Tuberkelbazillen von außen her eine neue Infektion erfährt und 2. die endogene Reinfektion, bei der das tuberkulöse Individuum sich gewissermaßen selbst von neuem infiziert, aber mit Bazillen, welche schon in dem Körper vorhanden waren. Man sieht ohne weiteres, daß ein gewaltiger Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Reinfektion besteht, da es sich in dem ersten Falle um eine Neuerkrankung handelt, während in dem zweiten nicht eine Neuerkrankung, sondern nur eine Verschlimmerung einer schon bestehenden Krankheit vorliegt. In dem zweiten Fall ist eine direkte Kontinuität zwischen zweiter und erster Infektion und ihren Folgen vorhanden, im ersten Falle besteht ein solcher Zusammenhang nicht. Das gilt nicht nur für die krankhaften Organveränderungen, sondern das gilt vor allem auch für die die Infektion bedingenden Bazillen. Bei endogener Infektion wird die zweite Erkrankung, wenn nicht ganz besondere, ungewöhnliche Verhältnisse (Mischinfektion durch humane und bovine Bazillen) vorliegen, nicht nur durch dieselbe Bazillenart, sondern auch durch denselben Bazillenstamm wie die erste Infektion hervorgerufen; die Bazillen, welche die Reinfektion bewirken, sind die direkten Nachkommen der ersten Eindringlinge in den Körper. Ganz

anders bei der exogenen Reinfektion. Auch bei ihr kann freilich derselbe Bazillenstamm in Frage kommen, wenn z. B. ein Nachkomme nicht nur seine erste, sondern auch seine Reinfektion von demselben tuberkulösen Vorfahr oder auch von einer nicht verwandten Person erfahren hat, jedoch niemals handelt es sich dabei, wie bei der endogenen Reinfektion, um direkte Nachkommen der bei der ersten Infektion beteiligt gewesenen Tuberkelbazillen. Aber nicht nur das, sondern es können bei der exogenen Reinfektion auch andere Stämme derselben Bazillenart, ja es können andere Tuberkelbazillenarten in Betracht kommen. Man könnte von vornherein geneigt sein zu glauben, daß die im eigenen Körper gewachsenen Bazillen durch eine Art Akklimatisation gefährlicher seien als neu in den Körper überpflanzte, aber die Gefahr hängt nicht nur von den Bazillen ab, sondern auch von ihrem Wirt; nicht nur die Bazillen passen sich dem Wohntier an, sondern der Bazillenträger auch den Bazillen; können auf der einen Seite die Angriffswaffen der Bazillen sich ändern, so können auf der andern Seite auch die Verteidigungswaffen des Wohntieres sich ändern, beide im positiven wie im negativen Sinne. Diese Änderungen können sich wiederholen und brauchen keineswegs immer im gleichen Sinne zu erfolgen. Es kann also die Virulenz der Bakterien zu-, aber auch wieder abnehmen, es kann die Widerstandskraft des Wirtstieres unabhängig davon ebenfalls zu- oder abnehmen.

Für den Wechsel der Virulenz desselben Bazillenstammes besitzen wir direkte Beweise, z. B. wurden bei einem seit seinem zweiten Lebensjahre mit Knochentuberkulose behafteten Kinde zwischen seinem 8. und 13. Lebensjahre fünfmal Bakterienkulturen gewonnen, die zwar immer einen bovinen Stamm ergaben, aber mit wechselnder Virulenz derart, daß nach weniger virulenten Generationen bei der letzten Untersuchung wieder Bazillen mit sehr starker Virulenz gefunden wurden.

Es ist aber nicht nur die Virulenz der Bazillen, welche bei der endogenen Reinfektion in Betracht kommt, sondern die Gunst oder Ungunst ihrer Verbreitungsmöglichkeit. Es ist schon lange bekannt, daß latente oder durch örtlich begrenzte Erkrankungen im unmittelbaren Anschluß an Änderung der örtlichen Verhältnisse plötzlich mit einer fortschreitenden, ja allgemeinen Tuberkulose sich verbanden, die dann sogar innerhalb kürzester Zeit den Tod herbeizuführen vermochte. So ist es wiederholt beobachtet worden, daß an eine lokalisierte Knochen- oder Gelenktuberkulose im Anschluß an einen operativen Eingriff eine tödliche allgemeine Miliartuberkulose sich anschloß, daß aus einer latenten Bronchialdrüsentuberkulose im Anschluß an eine akute Lungenerkrankung (z. B. bei Masern) eine fortschreitende örtliche oder eine allgemeine, selbst tödliche Tuberkulose geworden ist,

so haben schon 1891 unabhängig voneinander Virchow und ich darauf hingewiesen, daß durch die damals üblichen Dosen des Kochschen Tuberkulins Bazillenherde gewissermaßen aufgerührt werden könnten, so daß eine fortschreitende und selbst tödliche frische Tuberkulose entstehe. Koch hat solche Äußerungen einmal törichte Befürchtungen genannt, neuere Untersuchungen haben uns aber recht gegeben.

In solchen Fällen — und ich habe hier die Zahl der Möglichkeiten längst nicht erschöpft — liegt die Ursache der eingetretenen Reinfektion mehr oder weniger klar zutage, in anderen Fällen sind es anatomische Lokalisationen des örtlichen tuberkulösen Prozesses, Erkrankung von Venen- oder Lymphgefäßwandungen, welche den Einbruch größerer Bazillenmengen in das Blut und damit die Überschwemmung des ganzen Körpers mit Bazillen und den Ausbruch einer akuten allgemeinen disseminierten Miliartuberkulose erklären, aber daneben gibt es Fälle genug, bei denen man nicht den Grund zu dieser Reinfektion, ja nicht einmal den Ort, von wo sie ausgegangen ist, festzustellen vermag, wenigstens nicht im einzelnen, sondern nur im allgemeinen oder nur vermutungsweise. Wenn man bei einem Kinde eine Reinfektion findet, welche, wie so häufig, durch eine tuberkulöse Gehirnhautentzündung den Tod in kürzester Zeit herbeigeführt hat, und von alten Veränderungen nur eine tuberkulöse Lymphdrüse oder eine Gruppe von solchen, so wird man im allgemeinen annehmen dürfen, daß von solchen Drüsen die Reinfektion ausgegangen ist, aber auch bei Erwachsenen kommen solche schnell tödlichen — meist auch mit Hirnhautentzündung einhergehenden Reinfektionen vor, bei denen ausgedehntere Organveränderungen vorhanden sind, insbesondere Lungenveränderungen, die in das Gebiet der Lungenschwindsucht, der Phthisis pulmonum, hineingehören. Vor langen Jahren — fast ein Menschenalter ist darüber verflossen — bin ich schon einmal auf diese Frage eingegangen[1] und habe gegenüber anders lautenden Angaben und Anschauungen die Annahme verteidigt, daß zu einer chronischen Lungenschwindsucht eine frische disseminierte Miliartuberkulose sich hinzugesellen könne, welche aus dieser hervorgegangen sei. Obwohl damals der Tuberkelbazillus noch nicht entdeckt war, habe ich doch schon mit einem spezifischen, organisierten Infektionsstoff gerechnet und erklärt, daß die Lungenschwindsucht und die Miliartuberkulose durch dieselbe Ursache erzeugt würden, daß sie also nur als verschiedene Wirkungsformen eines und desselben Giftes anzusehen seien. Unausgesprochen habe ich also schon damals eine tödliche Reinfektion

[1] Orth, Zur Frage nach den Beziehungen der sogenannten akuten Miliartuberkulose und der Tuberkulose überhaupt zur Lungenschwindsucht, Berl. Klin. Wochenschr. 1881, Nr. 42.

von einer chronisch schwindsüchtigen Lunge aus für vorkommend erklärt, und ich bin in dieser Anschauung im Laufe der Zeit immer mehr befestigt worden, da ich stets neue Fälle vom Auftreten akuter Verschlimmerungen und schnell tödlicher allgemeiner Tuberkulose bei Schwindsüchtigen habe feststellen können, wie ich das in meinen in den Charité-Annalen erschienenen Jahresberichten über das Leichenhaus des Charité-Krankenhauses wiederholt bewiesen habe[1].

In allen diesen Fällen liegt kein Grund vor, eine andere Quelle für die Reinfektion zu suchen als die sich von selbst als solche darbietenden chronisch tuberkulösen Veränderungen, d. h. es liegt kein Grund vor, eine andere als eine endogene Reinfektion anzunehmen. Anders liegt die Sache, wenn neben einer ganz frischen Tuberkulose nur ein ganz alter, verkalkter Tuberkuloseherd gefunden wird. Erst dieser Tage kam die Leiche eines 5jährigen Kindes zur Sektion (Nr. 19, 1913) mit einer ganz frischen tuberkulösen Basilarmeningitis, welche den Tod herbeigeführt hatte. Trotz sorgfältigster Nachforschung fand sich von älteren tuberkulösen Veränderungen nichts als ein etwa hanfkorngroßer, völlig verkalkter Herd in einer Mesenterialdrüse. Selbst angenommen — was aber bekanntlich auch nicht über jeden Zweifel erhaben ist, sondern erst bewiesen werden muß —, daß es sich hier um das Resultat einer früheren tuberkulösen Infektion gehandelt hat, ist man dann berechtigt, hier die Quelle der Reinfektion, welche in kürzester Zeit den Tod herbeigeführt hat, zu sehen?

Daß die neue tuberkulöse Erkrankung nur die weiche Hirnhaut betroffen hat, würde dem nicht im Wege stehen, denn darüber besteht jetzt wohl allgemeine Übereinstimmung, daß die Ansiedlung im Blute vorhandener Tuberkelbazillen zum wesentlichen Teil von Gunst oder Ungunst örtlicher Verhältnisse abhängt. Aber wie soll man den Übertritt von Bazillen aus dem alten Herd in das Blut — nur auf dem Blutweg könnte doch die Infektion der Hirnhaut entstanden sein —, wie soll man sich die Entstehung der Bazillämie erklären? Der alte Herd war so hart, daß er nur mit großer Gewalt zerkleinert werden konnte, keinerlei frische Veränderung irgendwelcher Art war in seiner Umgebung zu sehen, kurzum, es war nicht die mindeste Andeutung einer neuerlichen Änderung der örtlichen Verhältnisse gegeben, was berechtigt also zu der Annahme, daß von hier die Reinfektion ausgegangen sei? Zu einer endogenen Reinfektion sind vorhandene Bazillen nötig, dürfen wir ohne weiteres annehmen, daß in dem verkalkten Drüsenherd noch lebende und gar stark virulente Bazillen vorhanden waren? Ein solches Recht haben wir durchaus nicht, denn es ist

[1] Bericht für 1904, Char.-Annal. XXX; Bericht für 1905, Char.-Annal. XXXI u. a.

längst bekannt, daß in solchen alten Kalkherden die Bazillen völlig fehlen können. In dem erwähnten neuen Fall hat die Untersuchung begonnen, wie sie ausfallen wird, steht dahin; ich habe aber mit Unterstützung von Prof. Lydia Rabinowitsch auch neuerdings wieder in Fällen akuter Tuberkulose solche alten Herde untersucht und durch Meerschweinchenversuche nur in einem Teile die Anwesenheit lebender pathogener Bazillen festgestellt. Alles zusammengenommen muß man doch sagen, daß in den charakterisierten, keineswegs ungewöhnlichen Fällen von Reinfektion die größere Wahrscheinlichkeit dafür spricht, daß es sich nicht um eine endogene, sondern um eine exogene Reinfektion handelt.

Um nicht nur zu Wahrscheinlichkeiten, sondern zu festgestellten Tatsachen zu kommen, bietet sich ein Weg der Untersuchung dar, den ich in Gemeinschaft mit Frau Rabinowitsch beschritten habe, nämlich die kulturelle und biologische Feststellung der Art der in den alten und in den frischen tuberkulösen Herden vorhandenen Bazillen. Es kann sich dabei nur um die Feststellung der Art, des Typus der Bazillen handeln, nicht um die Unterscheidung verschiedener Stämme desselben Typus, da, wie wir schon gehört haben, die Virulenz desselben Stammes sehr wechseln kann, und das gilt nicht nur in bezug auf Zeit, sondern auch in bezug auf den Ort: in einem tuberkulösen Körper kann der gleiche Stamm sehr verschiedene Virulenz darbieten, je nach der Körperstelle, von welcher die Bazillen entnommen sind.

Aber das Suchen nach verschiedenen Bazillentypen schien nicht aussichtslos, seitdem darüber bei wirklich Sachverständigen kein Zweifel mehr bestehen kann, daß Rinderbazillen für den menschlichen Körper nicht unschädlich sind, daß vielmehr ein recht erheblicher Prozentsatz von Tuberkulosen des Menschen, insbesondere des Kindes, durch den Typus bovinus erzeugt worden ist. Wenn es gelänge, in Fällen von Reinfektion in dem alten Herde einen anderen Typus von Bazillen nachzuweisen als in den frischen, so würde für die Annahme einer exogenen Reinfektion eine wichtige tatsächliche Grundlage gewonnen sein. Freilich würde auch in die Auffassung dieser Fälle die Frage der Umwandlung eines Bazillentypus in einen anderen hineinspielen, aber abgesehen davon, daß diese Frage, besonders soweit es sich um die Umwandlung des Rinderbazillentypus in den menschlichen innerhalb des menschlichen Körpers handelt, noch ganz ungeklärt ist und sogar recht viele Beobachtungen dagegen sprechen, würde eine etwaige Umwandlung in den genannten Fällen überhaupt nicht in Frage kommen können, weil ja auf der einen Seite ein ausgesprochener Typus bovinus, auf der anderen Seite ein ausgesprochener Typus humanus vorausgesetzt worden ist und ein Übergang des einen Typus

in den anderen sicherlich nicht plötzlich innerhalb des Blutes oder in den frischen tuberkulösen Krankheitsherden vor sich gehen kann. Der Befund zweier ausgesprochen verschiedener und räumlich getrennter Typen in alten und frischen tuberkulösen Herden kann auch kaum als Mischinfektion aufgefaßt werden, sondern würde meines Erachtens eine exogene Reinfektion mit ziemlicher Sicherheit beweisen.

Unsere Untersuchungen sind noch nicht ausgedehnt genug, um jetzt schon etwas Abschließendes darüber sagen zu können, allein wir haben doch wenigstens schon einen Fall, bei dem tatsächlich zwei verschiedene Typen, und zwar jeder rein und an einer anderen Stelle, gefunden worden sind.

Es handelt sich (Sekt. Nr. 166, 1912) um eine 21 jährige Person mit einer Lungentuberkulose, welche durch eine ausgedehnte frische tuberkulöse Pneumonie ausgezeichnet war. An der rechten Lungenwurzel saß eine ganz verkalkte Lymphdrüse. Aus dieser Drüse wurde nach dem Verhalten bei der Kultur und gegenüber Kaninchen ein boviner, aus den pneumonischen Lungenteilen ein humaner Bazillenstamm gezüchtet.

Der Fall läge verhältnismäßig einfach, wenn nicht noch von einer dritten Stelle ein boviner Bazillus gezüchtet worden wäre, nämlich aus der Galle. Dieser Befund bietet für die Erklärung große Schwierigkeiten, besonders da über das Vorkommen von Tuberkelbazillen in der Galle noch nicht genügend zahlreiche und systematische Untersuchungen gemacht worden sind. Über eine kleine in meinem Institut angestellte Untersuchungsreihe wird Frau Rabinowitsch demnächst berichten, hier kann ich nicht weiter auf diese Frage und den erwähnten Fall eingehen, für meine jetzigen Zwecke genügt die Feststellung, daß in einer offenbar von einer ersten Infektion her tuberkulösen Lymphdrüse ein anderer Bazillentypus als in einem frischen, also durch Reinfektion entstandenen Herde gefunden wurde. Die neue Erkrankung muß also auf eine exogene Reinfektion zurückgeführt werden.

Die Reinfektion betraf in diesem Falle die Lunge und hatte Veränderungen erzeugt, wie sie besonders bei der Lungenschwindsucht die hauptsächliche Rolle spielen; der Fall leitet mich also zu dem zweiten Teile meiner Besprechung, nämlich zu der Frage nach der Bedeutung der Reinfektion für die Lungenschwindsucht, über, doch möchte ich zuvor noch einen wichtigen allgemeinen Punkt erörtern, der nicht nur für die Reinfektionsfrage im allgemeinen, sondern auch für die Lungenschwindsuchtsfrage im besonderen von der größten Wichtigkeit ist.

Es handelt sich darum, ob durch eine einmalige tuberkulöse Infektion eine Immunität gegenüber neuer Infektion erworben wird.

Es ist bekannt, daß bei zahlreichen infektiösen Krankheiten einmaliges Überstehen eines Krankheitsanfalles gegen erneute Erkrankung in gewissem Maße und für eine gewisse Zeit schützt. Das gilt nicht nur für akute Infektionskrankheiten, sondern auch für solche mit chronischem Verlauf wie die Syphilis. Es liegt deshalb der Gedanke nicht fern, daß auch für die Tuberkulose, welche der Syphilis ja in vieler Beziehung nahesteht, Ähnliches gilt.

Daß durch eine einmalige tuberkulöse Erkrankung im Körper von Tieren eine Änderung konstitutioneller Art, gewissermaßen eine Umstimmung gegenüber einer erneuten exogenen Infektion herbeigeführt wird, das hat zuerst von Behring für das Rindvieh erkannt und nutzbar zu machen gesucht; kein Geringerer als Robert Koch hat die ersten anatomischen Beweise beigebracht, indem er zeigte, daß die Vorgänge, welche sich an der Haut und dem Unterhautgewebe nach Einimpfung von Tuberkelbazillen abspielen, andere sind bei der Impfung eines schon tuberkulösen als eines noch gesunden Meerschweinchens und daß sie vor allem lokal bleiben, zur örtlichen Ausheilung kommen, keine progrediente tuberkulöse Erkrankung auslösen. Wenn das bei dem für tuberkulöse Infektion so äußerst empfänglichen Meerschweinchen geschieht, so durfte man um so mehr annehmen, daß auch beim Menschen eine derartige Umstimmung mit erhöhter Widerstandsfähigkeit eintreten kann, um so mehr, als bei anderen, an und für sich für Tuberkulose weniger empfänglichen Tieren eine überstandene tuberkulöse Erkrankung einen hohen Schutz gegen Reinfektion gewährt. Es wäre also aus diesem Gesichtspunkt eine frühzeitig im Leben eingetretene tuberkulöse Infektion mit geringen Folgen als ein günstiges Ereignis zu betrachten, da dadurch ein Schutz gegen Reinfektion gewonnen wird. Einer exogenen Reinfektion sind aber Angehörige der Kulturvölker, insbesondere die in Städten lebenden Menschen, ununterbrochen ausgesetzt. Zwar kann man von theoretischem Standpunkte aus den Tuberkelbazillen die Allgegenwart, Ubiquität, abstreiten, denn sie können, soweit wir wissen, außerhalb ihrer tierischen Wirte auf die Dauer nicht existieren, in Wirklichkeit besteht aber für den Kulturmenschen tatsächlich eine solche Ubiquität, denn die Zahl der Bazillenstreuer ist eine so ungeheuer große, daß kein Mensch dem Schicksal entgehen kann, wiederholt der Gefahr einer tuberkulösen Infektion ausgesetzt zu sein.

Es kann darüber keinen ernsthaften Streit geben, daß die meiste und beste Gelegenheit zu Infektionen und Reinfektionen durch das Zusammenleben mit einem bazillenverstreuenden Menschen geboten

wird, daß also die Familien-, die Wohnungsinfektion an Häufigkeit und Bedeutung obenan steht; allein mir will es doch scheinen, als ob man in neuerer Zeit etwas zu einseitig auf diesen Infektionsweg Wert gelegt hätte. Zwar dürfte der Rinderbazillus, der für die erste Infektion bei Kindern eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt, für Reinfektionen, vor allem bei Erwachsenen, unter unseren heutigen Verhältnissen nicht nennenswert in Betracht kommen, aber die vom tuberkulösen Menschen ausgehenden Infektionsmöglichkeiten außerhalb der Familie und der Wohnung müssen doch offenbar höher eingeschätzt werden, als es jetzt vielfach geschieht.

Untersuchungen, wie sie von Jacob auf Robert Kochs Veranlassung in der tuberkulös durchseuchtesten Ortschaft des Deutschen Reiches, in Hümmling, angestellt worden sind, können in dieser Frage nicht ausschlaggebend sein, sondern im Gegenteil nur solche Untersuchungen, welche an Orten vorgenommen wurden, wo es wenig oder keine Gelegenheit zu Familien- oder Wohnungsinfektion gibt. Solche Untersuchungen sind von Hillenberg[1] angestellt worden, der gefunden hat, daß selbst in Ortschaften, in welchen seit mindestens einem Jahrzehnt ein Tuberkulosetodesfall sicher nicht vorgekommen ist, trotzdem ein Viertel aller Kinder bei der Pirquetprobe positiv reagierte, also nach der herrschenden Auffassung tuberkulös war. Diese Kinder können also weder eine Familien- noch eine Wohnungstuberkulose gehabt haben, und wo Gelegenheit zu einer primären Infektion gegeben war, da muß auch Gelegenheit zu Reinfektionen gegeben sein.

Der demnach für die Kulturvölker überall bestehenden Gelegenheit zu tuberkulösen Infektionen und Reinfektionen entspricht es, daß so viele Menschen die Zeichen tuberkulöser Erkrankungen an ihrem Körper tragen. Ich kann zwar jenen Pathologen nicht zustimmen, welche behaupten, man könne bei 90 Prozent und mehr aller Leichen Reste tuberkulöser Erkrankungen auffinden, weil ich andere Erfahrungen gemacht habe. Die Erklärung für diesen Widerstreit der Meinungen ist wohl hauptsächlich darin gegeben, daß ich nicht wie jene Untersucher Veränderungen als tuberkulöse habe gelten lassen, deren tuberkulöse Natur erst noch zu beweisen ist. Eines aber erkenne ich vollständig an, daß sehr viel weniger Menschen an Tuberkulose sterben, als man nach der Häufigkeit der Infektionsmöglichkeit einerseits und der Häufigkeit tatsächlich erfolgter Infektion anderseits erwarten sollte.

Die Häufigkeit tatsächlicher Infektion ist in der Kindheit besonders groß, wenn auch die Resultate der Tuberkulinprüfungen mit

[1] Tuberculosis 1911, S. 254.

den Sektionsbefunden nicht übereinstimmen, sondern bei weitem höhere Zahlen liefern, die bekanntlich bei einigen Untersuchern gegen das Ende der Kinderzeit bis an 100 Prozent heranreichen. Ich erkenne aber ohne weiteres an, daß die Leichenbefunde in dieser Frage leichter wiegen als die im Leben erhobenen, da die Tuberkulinproben anscheinend wenigstens auch die allergeringsten tuberkulösen Veränderungen anzeigen, während der Anatom nur die makroskopisch erkennbaren Veränderungen sieht und auch von solchen leicht einmal einen besonders kleinen oder versteckten Herd übersehen kann.

Nehmen wir also an, daß ein sehr großer Teil der Kulturmenschheit bereits in den Jugendjahren tuberkulös infiziert worden ist, so müssen tatsächlich eine große Anzahl Kulturmenschen als tuberkulös infizierte in die Pubertätszeit und das höhere Alter hineingehen, ohne durch die unausbleiblichen Reinfektionen weiter geschädigt zu werden. Man schreibt ihnen eine erworbene Immunität zu und erklärt durch diese die Tatsache, daß sogenannte Naturvölker, wenn bei ihnen Tuberkulose nicht heimisch ist, in schwerster und akutester Weise tuberkulös erkranken, wenn sie einer tuberkulösen Infektion ausgesetzt werden; sie besitzen eben gar keine Immunität, während die Kulturvölker erworbene und vielleicht nicht nur individuell, sondern phylogenetisch erworbene, also ererbte Immunität besitzen. Diese erworbene Immunität ist keine absolute, sie soll zwar nach einer weitverbreiteten Annahme vor geringen Reinfektionen schützen, aber nicht vor stärkeren, sogenannten massiven Reinfektionen, doch soll sie die Stärke der Neuerkrankung mildern und bewirken, daß nicht eine akute, allgemeine Tuberkulose, sondern eine chronische, lokalisierte entsteht, welche freilich dafür auch örtlich destruktiver wirkt, Schwund der Gewebe, besonders in der Lunge, d. h. Schwindsucht, erzeugt.

Das klingt ja ganz einleuchtend, aber es fehlt doch nicht an Bedenken. Zunächst ist von R. Kraus u. a. bei Affen, die doch dem Menschen am nächsten stehen, gefunden worden, daß nach völligem Überstehen einer tuberkulösen Infektion eine Immunität kaum noch nachweisbar ist. Vor allem aber lassen die tatsächlichen Beobachtungen die Sache doch keineswegs so einfach erscheinen. Ich habe mich schon einmal[1] über diesen Punkt geäußert und darauf hingewiesen, daß es keineswegs selten ist, daß beim Bestehen einer chronischen Tuberkulose irgendwelcher Art (Lymphdrüsen, Lunge usw.) plötzlich eine Verschlimmerung örtlicher oder allgemeiner Art auftritt, welche nun in kürzester Zeit den Tod herbeizuführen vermag. Der Erfolg zeigt, daß eine vollständige Immunität jedenfalls nicht vorhanden

[1] Berl. Klin. Wochenschr. 1904.

gewesen sein kann. Das hat man ja freilich auch nicht angenommen, aber doch gemeint, nur durch eine massive Reinfektion könne der in gewissem Grade vorhandene Immunitätsschutz durchbrochen werden. Besteht eine chronische, ausgedehntere Lungentuberkulose, so kann man die Möglichkeit, daß plötzlich eine so große Zahl von Bazillen in die Blutbahn gelangt ist, daß sie auch von dem relativ immunen Körper nicht mehr bewältigt werden konnte, nicht von der Hand weisen, dagegen steht man Fällen, wo nur eine ganz umschriebene, in völliger Rückbildung begriffene tuberkulöse Veränderung, sei es in der Lungenspitze, sei es in einer Lymphdrüse oder an irgendeiner anderen Stelle, zu finden ist und doch eine akute Tuberkulose den Tod herbeigeführt hat, ratlos gegenüber. Solche Fälle sind aber keineswegs selten, sie kommen so gut bei Erwachsenen als bei Kindern vor. Wo soll in einem Falle, wie ich ihn vorher (S. 54) erwähnt habe (Sekt. Nr. 19, 1913), eine massive Reinfektion herkommen? Es muß als gänzlich unwahrscheinlich, ja geradezu als ausgeschlossen bezeichnet werden, daß es sich hier um eine endogene Reinfektion gehandelt habe, es bleibt also gar nichts weiter übrig, als daß es eine exogene Reinfektion gewesen ist, welche die tödliche Meningitis hervorgerufen hat. Gerade für diese Krankheit haben, weil sie oft so ganz unabhängig von schon bestehenden tuberkulösen Erkrankungen auftritt, pathologische Anatomen schon vor langer Zeit Infektionswege von außen her aufzufinden versucht, und gerade Karl Weigert, welcher vorzugsweise die Entstehung der allgemeinen Miliartuberkulose durch endogene Reinfektion aufgeklärt hat, hat hier auf die Möglichkeit einer exogenen Infektion von der Nasenschleimhaut her hingewiesen. Bei einer solchen Infektion kann aber wie bei den meisten exogenen, insbesondere bei denen erwachsener Menschen, von einem Massenimport von Bazillen in den menschlichen Körper kaum die Rede sein, es kann sich in der Regel nur um eine geringfügige Reinfektion handeln, und wenn trotzdem dadurch eine schwere akute Erkrankung herbeigeführt wird, so kann unmöglich ein nennenswerter Grad von Immunität vorhanden gewesen sein. Wenn überhaupt eine Immunität vorhanden war — und ich erkenne ja an, daß manches für eine solche spricht —, so kann es nur eine solche gewesen sein, welche sehr leicht unwirksam gemacht werden konnte durch gegenteilige Einwirkungen, durch die Entstehung einer Disposition.

Wie für das Mobilwerden bisher lokalisierter Bazillen Änderungen der örtlichen Verhältnisse, örtliche Begünstigungen, also Dispositionen eine wichtige Rolle spielen, so muß auch für das Haftenbleiben von Bazillen, mögen sie nun aus anderen Herden im Körper stammen oder direkt von außen gekommen sein, eine örtliche Disposition vor-

handen sein, die sowohl aus generellen als aus individuellen Ursachen hervorgehen kann.

Nach allem, was wir von den Beziehungen der tuberkulösen Erkrankungen aller Organe zu den Blutgefäßen wissen, kann man annehmen, daß ein Übertritt von Bazillen in das Blut eigentlich ununterbrochen vor sich gehen muß, solange es sich um einigermaßen fortschreitende Prozesse handelt. Warum entsteht nicht aus jedem ins Blut gelangten Bazillus ein neuer tuberkulöser Herd, warum entstehen neue tuberkulöse Herde nicht überall, sondern nur an einzelnen Stellen? Warum bringt überhaupt nicht jede Infektion mit Tuberkelbazillen auch eine tuberkulöse Erkrankung hervor, warum aber die eine oder die andere? Meines Erachtens spielt hier nicht eine erworbene oder ererbte Immunität eine Rolle, sondern eine vorhandene oder nichtvorhandene örtliche Disposition. Eine durch Überstehen einer Infektionskrankheit erworbene Immunität kann nur eine allgemeine sein, denn das Blut ist wesentlich der Träger der Immunkörper, und das kommt überall hin, die Lokalisation der tuberkulösen Prozesse ist von örtlichen, nicht von allgemeinen Bedingungen abhängig. Solche örtlichen Bedingungen müssen auch bei den Reinfektionen eine Rolle spielen, nicht nur örtliche Bedingungen an der Eintrittsstelle der Bazillen, besonders bei der endogenen Reinfektion, sondern auch örtliche Bedingungen am Orte der Entstehung neuer tuberkulöser Erkrankungen. Eine größere Rolle als die erworbene Immunität spielt meines Erachtens die verschiedene und sich ändernde Disposition. Diese Disposition ist überhaupt und besonders in bezug auf ihre Stärke das Resultat sehr verschiedenartiger Umstände, mechanischer, zirkulatorischer, chemischer usw. Besonderheiten, Besonderheiten also, welche in dem Bau, der Funktion, dem Stoffwechsel, kurzum in der Konstitution der Körperteile gelegen sind.

Diese Überlegungen gelten für alle tuberkulösen Erkrankungen überhaupt, sie gelten für die häufigste tuberkulöse Erkrankung der Erwachsenen, für die Lungenschwindsucht, im besonderen.

Auf die Frage, ob die Lungenschwindsucht durch Aspiration von Tuberkelbazillen entsteht, oder ob die sie erzeugenden Bazillen auf dem Blut- oder Lymphwege der Lunge zugeführt werden, gehe ich hier ebensowenig ein wie auf die Frage, welche Rolle andere Mikroorganismen als Tuberkelbazillen bei ihrer Entstehung oder ihrem Fortgang spielen, ich will nur mein Glaubensbekenntnis von neuem dahin ablegen, daß die direkte Aspiration von Tuberkelbazillen nicht die große Rolle spielt, welche man ihr früher und von manchen Seiten auch heute noch zuschreibt, und daß zwar bei der Zerstörung des Lungengewebes noch andere Mikroorganismen mit

Tuberkelbazillen zusammenzuarbeiten pflegen, daß aber die Grundursache jeder Lungenschwindsucht Tuberkelbazillen sind, so daß jede Lungenschwindsucht (Phthisis pulmonum) auch eine Lungentuberkulose ist. Die Frage, welche ich hier noch behandeln will, ist die vorher schon angedeutete Frage, welche Rolle bei der Lungenschwindsucht die Reinfektion spielt, und zwar zunächst für den Beginn der Schwindsucht, für die Initialveränderungen.

Ist erst einmal ein tuberkulöser Herd in der Lunge vorhanden — und der sitzt aus örtlichen Gründen, wegen deren ich besonders auf die zahlreichen Veröffentlichungen von Hart hinweise, in der Regel in der Lungenspitze —, so kann der Prozeß ununterbrochen weitergehen, kontinuierlich und diskontinuierlich, bald schneller bald langsamer, oder er kann nach verschieden langer Dauer und Ausdehnung zur dauernden oder temporären Ausheilung gelangen. Ich vermag durchaus nicht einzusehen, inwieweit für dieses wechselnde Verhalten eine etwa früher, durch anders lokalisierte tuberkulöse Veränderungen oder durch die Lungenvorgänge selbst erworbene Immunität verantwortlich gemacht werden könnte, die doch dauernd und mit der Ausbreitung und Dauer der tuberkulösen Prozesse in immer erhöhtem Maße vorhanden sein müßte, sondern kann nur in einer wechselnden, zum großen Teil auch von äußeren Umständen und Einwirkungen abhängigen Gunst oder Ungunst der örtlichen Verhältnisse, in einem Wechsel der örtlichen Disposition die Erklärung finden. Bei dem Fortschreiten des tuberkulösen Prozesses handelt es sich sicher in der Mehrzahl der Fälle um immer wiederholte endogene örtliche Reinfektionen, es vermag jedoch niemand zu sagen, inwieweit auch dabei eine einmalige oder sogar öfter wiederholte metastatische endogene oder auch exogene Reinfektionen eine Rolle spielen.

Wie ist es aber mit den Initialveränderungen? Es bieten sich zwei Möglichkeiten genetischer Erklärung: entweder ist die Lungenschwindsucht aus einer primären tuberkulösen Infektion direkt oder indirekt hervorgegangen oder sie ist die Folge einer sei es endogenen, sei es exogenen Reinfektion. Alle diese Erklärungsmöglichkeiten haben ihre Vertreter gefunden.

Es ist begreiflicherweise sehr viel leichter, auf experimentellem Wege als durch Beobachtungen beim Menschen festzustellen, unter welchen Umständen, beim Gegebensein welcher Bedingungen eine Lungenschwindsucht entstehen kann, ich will daher zunächst die experimentelle Seite der Frage erörtern.

Es hat nicht an der Behauptung gefehlt, daß man experimentell eine der menschlichen Lungenschwindsucht entsprechende Erkrankung überhaupt nicht erzeugen könne, ich habe aber bereits in der vorher

erwähnten Arbeit vom Jahre 1881 die Unrichtigkeit dieser Behauptung nachgewiesen. Heute braucht man über diese prinzipielle Frage nichts mehr zu sagen, man muß aber darauf hinweisen, daß die Neigung zu tuberkulösen Lungenerkrankungen überhaupt, daß insbesondere die Neigung der Lungen zu phthisischen Erkrankungen bei verschiedenen Tierarten ganz verschieden ist. Insbesondere zeigen die beiden Tierarten, welche hauptsächlich zu Tuberkuloseexperimenten verwendet werden, Meerschweinchen und Kaninchen, in dieser Beziehung ein ganz verschiedenes Verhalten. Bei Meerschweinchen treten außer Lymphdrüsenveränderungen vor allem solche der Milz und Leber auf, während die Lungen in der Regel nicht die hauptsächlich die schwindsüchtigen Erkrankungen kennzeichnenden nekrotischen, sogenannten käsigen Veränderungen darbieten, sondern die Erscheinung der sogenannten Miliartuberkulose, für die die in Frankreich gebräuchliche Bezeichnung Granulie, tuberkulöse Granulie meines Erachtens durchaus empfehlenswert ist. Beim Kaninchen dagegen spielen Milz und Leber eine nebensächliche Rolle, die Lungen dagegen eine Hauptrolle, und gerade von der Kaninchenlunge sind käsige und käsig-ulzeröse Prozesse dementsprechend auch schon seit langer Zeit bekannt, und es ist auch durch zahlreiche Untersucher mittels der verschiedensten Methoden festgestellt worden, daß zur Entstehung schwindsüchtiger Lungenveränderungen eine ein- oder mehrmalige (in kurzen Zwischenräumen erfolgte) Infektion an irgendeiner Stelle des Körpers genügt. Eine gewisse Dauer der der Infektion folgenden Krankheit ist dazu notwendig, auf die Virulenz der angewandten Bazillen kommt es dabei nicht in erster Linie an, wenn auch Infektion mit weniger virulenten, mit abgeschwächten Bazillen besonders günstige Resultate gibt, weil gerade dabei eine chronisch verlaufende Krankheit zu entstehen pflegt.

Bei Meerschweinchen ist es, wie gesagt, viel schwieriger, echte käsig-phthisische Lungenveränderungen zu erzeugen. Solche können vorgetäuscht werden durch emphysematöse Höhlenbildung, durch das von mir sogenannte tuberkulöse Emphysem, über das ich vor einigen Jahren mich ausführlicher geäußert habe[1]. Aber es gibt auch bei Meerschweinchen richtige Schwindsuchtsveränderungen mit Verkäsung und Höhlenbildung wie beim Menschen, und zwar kann man diese Lungenschwindsucht mit einiger Sicherheit hervorrufen, wenn man Meerschweinchen, die eine erste Infektion durch wenig virulente Bazillen überstanden haben, einer Reinfektion mit virulenten Bazillen unterwirft. Ich war meines Wissens der erste, welcher auf diese bedeutungsvolle Tatsache aufmerksam gemacht hat[2],

[1] Berl. Klin. Wochenschr. 1910, Nr. 14. Sitzungsber. d. Ges. d. Charitéärzte.
[2] Berl. Klin. Wochenschr. 1906, Nr. 20. Sitzungsber. d. Berl. med. Gesellschaft.

die dann später von zahlreichen anderen Forschern, wie Bartels, Levy, Römer u. a., bestätigt worden ist. Wie ich es von Anfang an getan habe, so haben auch alle folgenden Untersucher angenommen, daß durch die erste tuberkulöse Infektion und ihre Folgen eine Änderung in dem Meerschweinchenkörper herbeigeführt worden ist, welche den Erfolg der Reinfektion anders ausfallen ließ, als er gewesen sein würde, wenn man dieselbe Menge derselben Bazillen in derselben Weise einem unberührten Tiere in den Körper gebracht hätte. Daß jetzt die Lungen in so hervorstechender und in so schwerer Weise erkrankten, kann nicht wohl auf einer allgemeinen Umstimmung der Konstitution begründet sein, sondern muß in einer besonderen Beeinflussung der Lungen beruhen, denn nur an diesen zeigten sich die abweichenden Erscheinungen. Mit anderen Worten, nicht eine durch die erste Erkrankung erworbene allgemeine Immunität, sondern eine durch die Primärerkrankung hervorgebrachte örtliche Disposition der Lunge muß der Hauptgrund für dies abweichende Verhalten der Lungen bei der Reinfektion gewesen sein, wobei ja nicht ausgeschlossen ist, daß für den mehr chronischen Verlauf der zweiten Erkrankung auch eine gewisse erworbene allgemeine Immunität beigetragen haben kann.

Wenngleich nun die abweichenden Verhältnisse beim Kaninchen von vornherein nicht gleich klare Resultate wie beim Meerschweinchen erwarten ließen, so schien es mir doch von Interesse zu sein, experimentell zu prüfen, ob eine Reinfektion unter den angegebenen Bedingungen ebenfalls an den Lungen oder sonstwo abweichende Befunde entstehen lassen würde. Bei den Kaninchen brauchte man nach mild wirkenden Bazillen für die erste Infektion nicht lange zu suchen, da ja genugsam bekannt ist, daß die Bazillen des Typus humanus, in bestimmter Menge angewandt, keine tödliche Erkrankung hervorrufen. Ich habe also eine Anzahl Kaninchen (20) mit 0,01 g Bazillen des Typus humanus subkutan infiziert, 5 davon zweimal, die anderen einmal, und habe dann nach 3—6 Monaten eine Reinfektion mit Rinderbazillen vorgenommen, indem ich teils 0,01 g subkutan, 0,005 g intraperitonäal, 0,001 g intravenös injizierte; dazu kamen 6 Kontrollen, welche zu je 2 in der gleichen, dreifach verschiedenen Weise mit den entsprechenden Mengen infiziert wurden. Das Resultat war, wenn auch die Gegensätze nicht so scharf waren wie bei den Meerschweinchen, immerhin auffallend genug, denn von den 6 Kontrollen hatte nur ein einziges Tier nach 140 Tagen eine schwere Lungenerkrankung, ein anderes nach 435 Tagen eine Anzahl kirschkerngroßer Herde in den Lungen, während von den 20 vorbehandelten 13 schwere, zum großen Teil ganz ungewöhnlich schwere Lungen-

schwindsucht hatten (nach 43, 49, 112, 116, 156, 186, 189, 201, 236, 286, 297, 351, 429 Tagen) und außerdem noch 2 eine mäßig starke Lungenveränderung darboten; auch das eine Tier, welches die erste Reinfektion mit Rinderbazillen überstand, aber der zweiten nach 154 Tagen erlag, hatte eine mäßig starke zerstreute Herdtuberkulose der Lungen.

Es darf also wohl gesagt werden, daß auch bei den Kaninchen die Lungen, welche an sich schon eine größere Disposition zu schwindsüchtigen Veränderungen haben als die Meerschweinchenlungen, durch die vorgängige milde Infektion eine stärkere Disposition zu einer phthisischen Lungenerkrankung nach Reinfektion mit auch für Kaninchen virulenten Bazillen (Typus bovinus) erhalten hatten.

Wie bei meinen Meerschweinchenversuchen, so handelte es sich auch bei diesen Kaninchenversuchen um eine exogene Reinfektion durch eine andere Bazillenart, und auch von den übrigen Untersuchern, wenn sie auch die gleiche, nur in ihrer Virulenz verschiedene Art von Bazillen anwandten, wurde stets mit exogenen Reinfektionen gearbeitet.

Wenden wir uns nun zu einer Betrachtung der menschlichen Phthisiogenese, so muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß der Mensch in bezug auf sein Verhalten gegenüber den beiden Haupttypen der Tuberkelbazillen, dem Typus humanus und dem Typus bovinus offenbar dem Kaninchen näher steht als dem Meerschweinchen, insofern auch er im allgemeinen weniger disponiert zu sein scheint, durch den Typus bovinus schwerer Erkrankung anheimzufallen als durch den Typus humanus, und daß bei ihm auch die Disposition der Lungen zu tuberkulösen Erkrankungen mehr derjenigen der Kaninchenlungen gleicht. So vorsichtig man auch mit der Übertragung der bei Tieren gewonnenen Erkenntnisse auf den Menschen sein muß, wird man darum doch immerhin mit einem gewissen Recht von vornherein vermuten dürfen, daß auch beim Menschen zwar zur Entstehung einer Lungenschwindsucht eine Reinfektion nicht nötig ist, daß aber wohl auch bei ihm eine solche eine Rolle spielen kann. Um diese Fragen wird denn auch tatsächlich gestritten sowie über die Unterfragen, ob die Reinfektion, welche etwa an der Entstehung der Lungenschwindsucht beteiligt ist, eine endogene oder eine exogene sei. Es ist mir unmöglich, diese Fragen hier eingehend und unter Anführung der Literatur zu behandeln, ich will aber meine Stellung zu ihnen kurz darlegen, die sich in wesentlichen Punkten mit der eines anderen pathologischen Anatomen, der sich jüngst darüber geäußert hat[1], mit der von Hart deckt.

[1] Tuberkulosis 1910, Nr. 9.

Der erste, welcher entgegen der herrschenden Ansicht, den Grund zu der späteren Lungenschwindsucht in einer Kindheits-, ja, Säuglingsinfektion sah, war Behring. In einer ausführlichen kritischen Würdigung[1] der Behringschen Lehre habe ich bereits zu ihr Stellung genommen und dadurch auch zu ihrer neuesten Form, welche ihr durch Behrings Schüler Römer gegeben worden ist[2]. Ein kurzsichtiger Kritiker hat gegen meine damalige Schlußfolgerung, 'ich glaube nicht zu viel zu tun, wenn ich sage, es bleibt so ziemlich alles beim Alten', protestieren zu müssen geglaubt, ich trage aber trotzdem kein Bedenken, auch gegenüber der etwas modifizierten Römerschen Lehre, mich zu derselben Anschauung zu bekennen. Römer erkennt an, daß es eine exogene Infektion im späteren Leben gibt, er erkennt, wenn auch in noch geringerem Grade als Behring, an, daß eine solche exogene Infektion unter gewissen Bedingungen möglicherweise Lungenschwindsucht erzeugen kann, denn er lehnt eine solche Reinfektion nicht kategorisch ab, wenn er sie auch für unwahrscheinlich hält. Römers Meinung nach ist die Schwindsucht der Erwachsenen im wesentlichen das Resultat einer massiven endogenen Reinfektion bei einem in der Jugend partiell in mäßigem Grade immunisierten Menschen. 'Wenn wir also', so schrieb er, 'Menschen jenseits des 18. Lebensjahres schwindsüchtig werden sehen, so müssen wir diese Schwindsucht auf so massive Reinfektionen beziehen, daß die durch die Kindheitsinfektion erzeugte Immunität zwar noch ausgereicht hat, den Ausbruch akuter galoppierender Tuberkulose zu verhindern, nicht aber den der chronischen Phthise'. Der übergroßen Mehrzahl der erwachsenen Menschen droht nach Römer unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen kaum die Gefahr einer neuen, erfolgreichen tuberkulösen Infektion von außen, wohl aber kann eine erneute Propagation der im Körper schon heimischen Bazillen eine Reinfektion und durch sie eine Lungenschwindsucht bewirken. Diese Reinfektion muß aber eine massive sein, d. h. es muß eine schwere Jugendinfektion vorgelegen haben, welche derartige Bazillenlager zurückgelassen hat, daß von diesen aus eine schwere Reinfektion zustande kommen kann, denn nur eine solche vermag die erworbene Immunität zu durchbrechen.

In den neueren Diskussionen über Phthisiogenese, soweit ich sie kenne, vermisse ich die Berücksichtigung eines durch klinische und pathologisch-anatomische Beobachtungen festgestellten Umstandes, dessen ich vorher schon gedacht habe, daß nämlich die Lungenschwindsucht nicht das Resultat einer einzigen Infektion

[1] Berl. Klin. Wochenschr. 1904, Nr. 11—13, z. T. auch in Altes und Neues über Lungentuberkulose, Rindfleisch-Festschrift 1906.

[2] Tuberkulosis 1910, S. 129 u. a. a. O.

oder Reinfektion ist, sondern daß die Lungenschwindsucht ein Prozeß ist, der fortschreitet, und zwar häufig in ganz ungleichmäßiger Weise, bald langsamer, bald schneller, nicht nur kontinuierlich, sondern auch diskontinuierlich, bei dem also immer wieder neue Reinfektionen auftreten, von denen man keineswegs annehmen darf — der anatomische und bakteriologische Befund widerspricht einer solchen Annahme absolut —, daß es sich stets und überall um neue massige Infektionen handele, bei denen man im Gegenteil anzunehmen gezwungen ist, daß nur geringfügige, sei es endogene, sei es exogene, Infektion dem Fortschreiten der tuberkulösen Prozesse zugrunde liegt, und doch entstehen immer neue tuberkulöse Herde auch ohne massive Reinfektion, obwohl man doch annehmen müßte, daß die schon vor Entstehung der Schwindsucht vorhanden gewesene Immunität durch die schwindsüchtige Erkrankung sich noch weiter verstärkt habe. Und wo bleibt gar die Immunität in denjenigen nicht seltenen Fällen, wo nicht nur in den Lungen selbst, sondern vor allem auch an anderen Körpergegenden, insbesondere an der weichen Hirnhaut — ohne daß man eine massive Reinfektion immer nachweisen kann —, schwere, galoppierende, tödliche neue Tuberkuloseerkrankungen entstehen? Nicht eine allgemeine Immunisierung, sondern nur örtliche Umstände, die Beschaffenheit der örtlichen Disposition kann hier eine befriedigende Erklärung geben.

Ohne die Annahme einer örtlichen Disposition kommen wir bei der Erklärung der Phthisiogenese überhaupt nicht aus. Eine erworbene allgemeine Immunität kann weder erklären, warum denn gerade die Lunge durch die Reinfektion, die doch von den Körperflüssigkeiten (Blut, Lymphe) ausgehen muß, allein oder vorzugsweise betroffen wird, und erst recht kann sie nicht erklären, warum die typische Lungenschwindsucht der Erwachsenen regelmäßig in der Lungenspitze beginnt.

Eine massige Reinfektion von einem in der Kindheit erworbenen Tuberkuloseherd aus soll den Anstoß zur Lungenschwindsucht geben. Es müßte sonach bei jedem lungenschwindsüchtigen Menschen nicht nur ein älterer, aus der Jugendzeit stammender Bazillenherd vorhanden, sondern dieser müßte auch geeignet sein, einer massiven Reinfektion als Grundlage zu dienen.

Die pathologisch-anatomische Erfahrung steht mit dieser Forderung in schroffstem Widerspruch, denn bei den meisten verstorbenen Phthisikern finden sich keine älteren, bis in die Jugendzeit zurückzudatierenden Herde, insbesondere vermißt man bei Phthisikern meistens jene Erkrankungen, welche bei den nicht zum Tode führenden kindlichen Tuberkulosen im Vordergrunde stehen, die Verkäsungen der

Lymphdrüsen, und wenn man sie findet, so befinden sich die Drüsen in einem solchen physikalischen Zustande (Verkreidung und Verkalkung), daß es unstatthaft erscheint, von ihnen eine massive Reinfektion abzuleiten. Und wenn ein alter, aus der Jugendzeit stammender Primärherd auch noch nicht verkalkt ist, so erscheint es doch auch im höchsten Grade unwahrscheinlich, daß von ihm die verlangte massive Reinfektion ausgegangen sein sollte, wenn er so klein ist, daß er der aufmerksamen Leichenuntersuchung entgehen konnte.

Die pathologisch-anatomische Erfahrung widerspricht also 1. der Annahme, daß jede Lungenschwindsucht Produkt einer Reinfektion sein müsse, und 2. der Behauptung, daß nur eine massive Autoreinfektion geeignet wäre, Lungenschwindsucht zu erzeugen.

Es bliebe noch die zweite Möglichkeit zu besprechen, welche Behring noch in größerem Umfange zuließ, Römer zwar für unwahrscheinlich hält, aber nicht ganz von der Hand weisen will, nämlich die Reinfektion von außen.

Daß Römer und seine Anhänger eine exogene Reinfektion für unwahrscheinlich halten, beruht auf einer Petitio principii: von außen kommende Infektionen beim Erwachsenen sind keine massigen, massige Infektion ist für die Entstehung einer Schwindsucht notwendig, folglich können exogene Infektionen für Phthisiogenese nicht in Betracht kommen. Daß exogene Infektionen Erwachsener in der Regel nicht massige sein werden, ist ohne weiteres klar; daß zur Entstehung einer Schwindsucht eine massige Infektion nötig ist, das ist aber erst noch zu erweisen. Ich habe gezeigt, daß für die meisten menschlichen Schwindsuchtsfälle eine massige Autoreinfektion nicht nachzuweisen oder auch nur wahrscheinlich zu machen ist, ich habe gezeigt, daß für das Fortschreiten der chronischen Phthise nicht massige, sondern geringfügige neue Infektionen verantwortlich gemacht werden müssen, dadurch ist meines Erachtens der erwähnten Schlußfolgerung der Anhänger der Immunitätslehre der Boden entzogen, d. h. es steht der Annahme nichts im Wege, daß bei der Phthisiogenese exogene Infektionen eine Rolle spielen. Da allseitig zugegeben wird, daß jeder Mensch, auch der erwachsene, immer wieder neue Infektionen mit Tuberkelbazillen erfahren kann, so ist kein Mensch imstande, wie Hart das schon bemerkt hat, mit Sicherheit zu entscheiden, ob frische Herde neben älteren durch endogene oder exogene Infektion hervorgerufen worden sind, es sei denn, daß verschiedene Bazillentypen vorhanden sind. Auf die schwindsüchtige Lunge angewandt heißt das, es ist überhaupt nicht zulässig, die Veränderungen in einer schwindsüchtigen Lunge auf eine einzige Infektion zurückzuführen, sondern nachdem durch eine, sei es primäre, sei es Reinfektion

eine umschriebene Initialveränderung in der Lunge hervorgerufen worden ist, können neben immer wiederholten Autoinfektionen auch eine unbegrenzte Zahl exogener Neuinfektionen für die weitere Erkrankung der Lunge, für die Entstehung einer ausgesprochenen Phthise verantwortlich sein.

Daß eine solche wiederholte exogene Reinfektion für die Ausbildung einer Lungenschwindsucht nicht notwendig ist, beweisen die Tierexperimente, bei welchen nur eine einmalige Reinfektion vorgenommen worden ist, diese beweisen aber auch, daß bei der Schwindsuchtentstehung in vorbehandelten Tieren eine exogene Reinfektion vollkommen genügt.

Wie steht es nun in bezug auf die Reinfektion beim Menschen? Ich habe schon darauf hingewiesen, daß offenbar beim Menschen ebensowenig wie beim Kaninchen eine Reinfektion zur Schwindsuchtsentstehung nötig ist, sondern daß die Schwindsucht gleich durch die erste Infektion herbeigeführt werden kann. Nicht von einer bestehenden mäßigen Immunität, sondern von einer vorhandenen Disposition ist das Entstehen einer Lungenschwindsucht abhängig. Daß aber auch bei manchen schwindsüchtigen Menschen lange vor der Schwindsucht schon eine tuberkulöse Erkrankung geringeren Grades vorhanden gewesen sein muß, das beweisen die entsprechenden anatomischen Befunde und dafür spricht auch der Ausfall der Pirquetreaktion bei Kindern. Ich stimme also darin Behring-Römer und ihren Anhängern bei, daß auch bei einem gewissen, freilich nicht sicher bestimmbaren Prozentsatz schwindsüchtiger Erwachsener die Schwindsucht das Produkt einer Reinfektion ist. Nach den pathologisch-anatomischen Erfahrungen ist eine Autoinfektion unwahrscheinlich, denn man kann sie nicht nachweisen, vielmehr dürfte das Verhältnis dasselbe sein wie bei den reinfizierten Tieren, d. h. die Reinfektion ist eine exogene. Nach dem nahezu regelmäßigen Befund von Bazillen des Typus humanus in menschlichen schwindsüchtigen Lungen muß man, bis etwa eine weitere Klärung der Umänderungsfrage betreffs der verschiedenen Typen der Tuberkelbazillen andere Grundlagen bietet, annehmen, daß diese Reinfektion mit Bazillen des Typus humanus erfolgt, dagegen bleibt noch festzustellen, welcher Art die Bazillen der ersten Infektion gewesen sind, die auch ich im wesentlichen in die Kindheit verlege. Nachdem feststeht, daß etwa 10 Prozent aller tuberkulösen Kinder eine Infektion mit bovinen Bazillen erfahren haben, erscheint der Gedanke berechtigt, daß auch eine jugendliche Rindertuberkulose die Grundlage einer späteren Lungenschwindsucht abgeben kann.

Diesen Gedanken habe ich schon im Jahre 1907 auf der VI. internationalen Tuberkulosekonferenz in Wien in den von mir aufgestellten

Leitsätzen zur Frage der Infektionswege der Tuberkulose Ausdruck gegeben. Da heißt es im Leitsatz 8: »Bei der Erklärung der Entstehung der Lungenschwindsucht, besonders Erwachsener, muß damit gerechnet werden, daß sie das Resultat einer Reinfektion mit virulenten Tuberkelbazillen sein kann, nachdem eine (oder mehrere) frühere leichtere Infektionen glücklich überstanden wurden« und im Leitsatz 12: »wieweit eine zur Heilung gelangende Infektion durch sie«, nämlich Rinderbazillen, »prädisponierend für Lungenschwindsucht wirken kann, bedarf noch der weiteren Untersuchung.« Ich habe schon mitgeteilt, daß ich mit solchen Untersuchungen in Verbindung mit Frau Rabinowitsch beschäftigt bin und daß wir wenigstens schon einen Fall haben, bei dem sich in dem alten Herd Rinderbazillen von typischem Verhalten, in der schwindsüchtigen Lunge typische Menschenbazillen fanden.

Worin ich die Wirksamkeit der ersten Erkrankung suche, das habe ich im vorstehenden genügend dargelegt: bei aller Anerkennung der für eine gewisse Immunisierung sprechenden Tatsachen kann ich doch unmöglich eine solche erworbene, den ganzen Körper betreffende Immunität zur Erklärung der Tatsache, daß bei der Reinfektion nur die Lunge erkrankt, und zwar in der Schwindsuchtsform erkrankt, als genügend erachten, sondern muß annehmen, daß örtliche Änderungen in der Lunge entstehen, welche deren Reaktion gegenüber einer virulenten Reinfektion derart ändern, daß die Lungen leichter erkranken und daß sie in der Form der fortschreitenden chronischen Phthise erkranken. Ich habe auch diesem Gedanken in den erwähnten Leitsätzen schon Ausdruck gegeben, indem ich von einer prädisponierenden Wirkung für Lungenschwindsucht sprach (s. vorher) und im Leitsatz 8 zu den oben zitierten Worten hinzufügte: »Es kann infolge dieser überstandenen Infektion a) die Erkrankung gerade der Lungen gefördert worden sein« usw. Worin diese Disposition begründet ist, vermag ich freilich nicht zu sagen, ihr Bestehen muß aber aus dem Erfolg notwendigerweise erschlossen werden; wie die Immunität wirken soll, hat auch noch niemand zufriedenstellend erklärt, und meine Annahme hat das für sich, daß sie die Lokalisation erklärt, die man mit der Immunität überhaupt nicht erklären kann.

Ich fasse meine Ansicht über die Phthisiogenese bei erwachsenen Menschen in folgende kurze Sätze zusammen:

1. Die Lungenschwindsucht kann als einzige Infektion oder als Teilerscheinung einer ersten Infektion mit Tuberkelbazillen entstehen.
2. Sie kann als Folge einer, wahrscheinlich meist exogenen Reinfektion entstehen auf Grundlage einer ersten Jugendinfektion.

3. Eine Überstehung einer tuberkulösen Erkrankung disponiert bei manchen Tieren zur Entstehung einer Lungenschwindsucht durch Reinfektion; es sprechen Tatsachen dafür, daß auch beim Menschen etwas Ähnliches vorkommt.
4. Eine durch Überstehen eines tuberkulösen Krankheitsanfalles erworbene unvollständige Immunisierung kommt bei Tieren und wahrscheinlich auch beim Menschen vor; sie kann aber bei diesem weder das Fortschreiten der tuberkulösen Lungenveränderungen durch geringfügige Reinfektionen noch das Auftreten neuer akuter, schwerer Tuberkuloseerkrankungen hindern.
5. Nicht eine, den ganzen Körper betreffende, durch Überstehen einer Tuberkuloseinfektion erworbene Immunität kann die Lungenschwindsucht infolge einer Reinfektion erklären, sondern nur die Annahme einer örtlich entstandenen Disposition, d. h. einer direkten Schädigung des Lungengewebes in seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber den Tuberkelbazillen.

Es bedarf keiner weiteren Darlegung, daß die Anschauungen über die Phthisiogenese auch diejenigen über die Prophylaxis beherrschen. Wer der Meinung ist, daß alles Übel von der Kinderinfektion herrührt, der wird sie allein bekämpfen, der Anhänger der Immunitätslehre aber nur insoweit, als er nur die schweren Infektionen bekämpft, denn eine geringe Infektion soll ja nützlich sein, indem sie einen Schutz gegen äußere Reinfektion gewährt; dementsprechend erklärt denn auch Römer ganz folgerichtig: »Was wir in erster Linie verhüten müssen, das sind die schweren massigen Infektionen des frühen Kindesalters.« Er legt sich freilich auf sie allein nicht fest, denn er sagt vorsichtig »in erster Linie«, will also doch anderen Kampf nicht ausschließen. Nach meiner Auffassung würde nie und nimmer das zu erstrebende Ziel erreicht, wenn man den Kampf allein oder doch vorwiegend gegen die Kindertuberkulose führen wollte, sondern vom prinzipiellen Standpunkte aus muß tatsächlich gerade in bezug auf die Prophylaxe so ziemlich alles beim alten bleiben; wir werden nach wie vor Kinder wie Erwachsene soviel wie möglich vor jeder tuberkulösen Infektion und Reinfektion zu bewahren suchen müssen, wir müssen die Quellen für Tuberkelbazillen zu verstopfen suchen, indem wir in erster Linie die wichtigste Quelle, den tuberkulösen Menschen, unschädlich zu machen, aber auch die kleinere Quelle, die von dem tuberkulösen Vieh gespeist wird, zu verstopfen suchen. Das alles reicht aber zu einer aussichtsvollen Bekämpfung der Tuberkulose noch nicht hin, sondern wir müssen auch dem zweiten

Faktor, dem menschlichen Körper und seinen Organen, unsere Aufmerksamkeit widmen und danach streben, örtliche Dispositionen zu verhindern, vorhandene zu mildern. Wenn es auf irgendeine Weise gelingen sollte, eine völlige Immunisierung zu erreichen, könnte man das nur aufs freudigste begrüßen; bis jetzt kann der erworbenen unvollkommenen Immunität noch keine größere Bedeutung für die Prophylaxe zuerkannt werden, denn sie schützt weder vor chronischen noch vor neuen akuten Krankheitsanfällen, scheint vielmehr die Disposition der Lungen zu chronischer Erkrankung, zur Schwindsucht, zu erhöhen. Die leichten Jugendinfektionen sind also nicht nur nützlich, indem sie eine gewisse Immunität erzeugen, sondern sie sind vielfach wenigstens in viel höherem Maße schädlich, indem sie eine Disposition der Lunge zu Schwindsucht bewirken, und darum muß man bestrebt sein, auch sie zu verhindern.

Ausgegeben am 23. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1913.

IV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

23. Januar. Öffentliche Sitzung zur Feier des Geburtsfestes Sr. Majestät des Kaisers und Königs und des Jahrestages König Friedrich's II.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Planck.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung mit folgender Ansprache:

Ein Fest des Dankes ist es, das heute, wie in jedem Jahre um diesen Tag, die Angehörigen und Freunde der Akademie der Wissenschaften zusammenführt: des pietätvollen, unauslöschlichen Dankes gegen ihren zweiten Stifter, den großen König, der die Akademie einst in der Zeit ihres ärgsten Tiefstandes aus unrühmlichem, schattenhaftem Dasein zum Lichte eines kräftigen neuen Lebens emporgehoben hat; und zugleich auch ein Fest der erneuten ehrfurchtsvollen Huldigung gegenüber ihrem gegenwärtigen allergnädigsten Protektor, der in den nun bald vollendeten fünfundzwanzig Jahren seiner Regierung nicht aufgehört hat, bei jedem sich darbietenden Anlaß sein landesväterliches Interesse für die Akademie und ihre Arbeiten mit Wort und Tat zu bekunden, und der in den nächsten Tagen, so wünschen und hoffen wir, abermals in ein gesegnetes Lebensjahr eintreten wird. Ernst ist die Zeit, und niemand vermag zu sagen, ob nicht durch sie sich eine noch weit ernstere ankündigt; aber wir dürfen die Zuversicht hegen, daß, je näher einmal die Stunde schwerer Gefahr heranrücken sollte, desto enger und fester das deutsche Volk sich um sein Oberhaupt scharen wird, ja daß gerade dann manche der edleren Kräfte der Nation, die in gewöhnlichen Zeitläuften zum Teil ungenützt und wenig beachtet in der Tiefe schlummern, sich zu regen beginnen und auch zur äußeren Entfaltung kommen werden, während manches andere, was jetzt an der Oberfläche in buntem Glanze schillert, unbedauert in ruhmloses Nichts zurücksinken mag.

Die Arbeit unserer Akademie ist freilich nur auf den Frieden gestimmt. Selbst in den aufregenden Zeiten, deren hundertjährige Wiederkehr zu feiern das Land sich gegenwärtig rüstet, hat sie ihre

ordentlichen Sitzungen mit wissenschaftlicher Tagesordnung regelmäßig abgehalten, und hat durch solche ruhige treue Pflichterfüllung ihren Patriotismus in ihrer Weise ebenso bewährt wie die jugendlichen Streiter, welche draußen im Felde für des Vaterlandes Befreiung kämpften.

Die heutige Friedrich-Sitzung findet die Akademie wieder in ihren provisorischen Räumen, deren Unzulänglichkeit sich gegenwärtig leider in stetig steigendem Maße fühlbar macht. Wie anders im vorigen Jahr, als ihr zur Zweihundertjahrfeier der Allerhöchste Protektor selber im Königsschlosse eine glänzende Stätte bereitete, als wir vor einer erlauchten Versammlung, in Gegenwart der Mitglieder des Königlichen Hauses und der höchsten Würdenträger des Staates, aus dem Munde Seiner Majestät des Kaisers und Königs den Willkommengruß empfingen und damit verbunden die Ankündigung einer Anzahl von erneuten Huld- und Gnadenbeweisen, deren größter Teil, dank der tatkräftigen Mitwirkung des zuständigen Ministeriums, bereits heute definitive Form angenommen hat.

Damals entfaltete sich dem äußeren wie dem inneren Auge das Bild Friedrichs in seiner ganzen Größe als König und Herrscher; heute wollen wir wieder in schlichterem Rahmen vorwiegend des Philosophen gedenken, dem die Reorganisation der Akademie weniger ein Akt kluger staatsmännischer Berechnung als vielmehr eine Herzenssache war; der in seinen Akademikern nicht nur eine besondere Kategorie von Beamten, sondern vor allem eine Schar Gleichgesinnter und Gleichstrebender sehen wollte.

Und nicht etwa nur in den Zeiten der behaglichen Muße, wie in dem künstlerischen Jugendidyll von Rheinsberg, oder in dem beschaulichen Ruhesitz von Sanssouci, hat Friedrich sich der Philosophie hingegeben; nein — gerade auf der Höhe seines Schaffens, da, wo der Große am größesten sich zeigte, wo sich seine Persönlichkeit am echtesten offenbarte, in den Stürmen des Lebens, als er Ehre und Existenz einsetzte, um das störrisch gewordene Glück wiederum in seinen Dienst zu zwingen, da war ihm in den Stunden innerer Sammlung die Philosophie die einzige Freundin, die beste Trösterin, der stärkste Halt.

Oft und mannigfach hat er selber hiervon dankbar Zeugnis abgelegt. Gedenken wir hier nur der Zeilen, die er im Januar 1762, in der schlimmsten Periode des großen Krieges, als Schweidnitz von den Österreichern, Kolberg von den Russen genommen war und der Preußische Staat dem Untergange geweiht schien, von Breslau aus an seinen Vertrauten, den Marquis d'Argens richtete: »Wenn das Glück fortfährt, sich so erbarmungslos von mir abzuwenden, werde ich ohne

Zweifel unterliegen; es allein kann mich noch aus der Lage ziehen, in der ich mich befinde. Ich rette mich daraus, indem ich das Weltall im großen betrachte wie von einem entfernten Planeten aus; dann erscheinen mir alle Gegenstände unendlich klein, und ich bemitleide meine Feinde, daß sie sich so viel Aufregung machen wegen einer so geringen Sache. Was würde aus uns ohne die Philosophie, ohne Nachdenken, ohne Lossagung von der Welt und ohne jene vernünftige Verachtung der frivolen vorübergehenden und flüchtigen Dinge, welche deren genauere Erkenntnis uns einflößt, während Habsüchtige und Ehrgeizige großen Wert auf sie legen, weil sie sie für feste und dauerhafte Güter halten.«

Fürwahr: Wenn jene Philosophie keine anderen Leistungen aufzuweisen hätte, als daß sie diesen einen Mann in seinem heldenmütigen Kampfe gegen widrige Schicksalsmächte vor dem Zusammenbruch bewahrte — sie würde schon dadurch den Nachweis für ihre Berechtigung auf das glänzendste erbracht haben, allen auch noch so scharfsinnigen Verkleinerungsversuchen zum Trotz.

Freilich ist hier das Wort Philosophie nicht im engeren Sinne als Wissenschaft zu nehmen, sondern mehr in dem weiteren als Weltanschauung, die niemals auf reine Wissenschaft allein gegründet werden kann, wenn auch gegenwärtig eine starke Partei das Gegenteil glauben machen möchte und damit die Wissenschaft ebensowohl schädigt wie die Weltanschauung. Aber nicht minder einseitig verfährt die entgegengesetzte Partei, die da meint, in Weltanschauungsfragen der Mitwirkung der Wissenschaft überhaupt entraten zu können. Eine Weltanschauung, die sich abseits der Wissenschaft stellt — sei es derjenigen, welche die Natur, sei es derjenigen, welche den geistigen Menschen zum Gegenstand hat —, richtet sich selbst von vornherein.

In klarer Erkenntnis der eminenten praktischen Bedeutung dieses so einfach und fast selbstverständlich klingenden Satzes hat Friedrich die Akademie der Wissenschaften erneuert und hat in den ihr verliehenen Statuten seiner Auffassung von der Aufgabe der Akademie dahin Ausdruck gegeben, daß in ihr »die Wissenschaften durch gemeinsame Hilfe gefördert, gebessert, wohl gefaßt, allgemeiner gemacht, die einzelnen Sätze derselben zusammengetragen, mehr und mehr in Ordnung gebracht, vermehret und wohl angewendet werden mögen«.

Seit jener Zeit hat die Akademie auf dem solcherweise vorgezeichneten Wege unablässig weitergearbeitet. Die regelmäßig erscheinenden Sitzungsberichte und Abhandlungen zeugen von den Arbeiten ihrer einzelnen Mitglieder, während der Friedrichs-Tag ihr

alljährlich Gelegenheit bietet, eine Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse der wissenschaftlichen Unternehmungen der Akademie und ihrer Stiftungen in zusammenfassenden Berichten der Öffentlichkeit zu übergeben. So liegen heute nicht weniger als 23 Berichte vor, darunter solche, wie der der Deutschen Kommission, die selber wieder in eine größere Anzahl von selbständigen Berichten zerfallen. Alle zusammengenommen gewähren ein reiches Bild von der Summe von Arbeit, welche in beiden Klassen der Akademie von den unter ihrer Leitung stehenden wissenschaftlichen Unternehmungen geleistet wird.

Ehedem war es üblich, daß jeder einzelne Bericht durch den Vorsitzenden der betreffenden Kommission hier mehr oder weniger vollständig verlesen wurde. Seit mehreren Jahren aber, als die stetig steigende Anzahl der Berichte und die Fülle der darin enthaltenen technischen Einzelheiten dem einheitlichen Charakter der Festsitzung in immer bedenklicherer Weise nachteilig zu werden drohte, hat die Akademie beschlossen, nur den Hauptinhalt derselben in abgekürzter Zusammenfassung durch den vorsitzenden Sekretar zur Verlesung zu bringen. Aber auch diese Verbesserung konnte auf die Dauer nicht voll befriedigen, da sie, um wirksam zu sein, eine viel stärkere und gewaltsamere Beschneidung einzelner Berichte verlangt hätte, als mit deren selbständiger Bedeutung noch verträglich schien; wozu sich erschwerend noch der weitere bedeutende Nachteil gesellte, daß die bei der früheren originelleren Art der Berichterstattung wirksame persönliche Note, die ihren besonderen Eindruck auf die Zuhörer nie verfehlte, nunmehr in Wegfall gekommen war.

Unter solchen Umständen wurde daher in der letzten Friedrichs-Sitzung dazu übergegangen, den durch die akademischen Satzungen vorgeschriebenen Tätigkeitsbericht vollständig auf die Publikation zu verweisen, welche wenige Tage nach der Sitzung herausgegeben wird, und das nämliche Verfahren möge auch diesmal befolgt werden. In dem gedruckten Sitzungsbericht finden die Fachleute und sonstigen Interessenten die diesjährige Tätigkeit und den gegenwärtigen Stand sämtlicher akademischer Unternehmungen und Stiftungen mit aller wünschenswerten Ausführlichkeit behandelt.

An Stelle des Tätigkeitsberichts hat die Akademie den wissenschaftlichen Festvortrag, der ebenfalls in den Satzungen vorgesehen ist, in den Mittelpunkt des Interesses der Friedrichs-Sitzung zu rücken beschlossen, und dementsprechend bitte ich nun zunächst den Redner des heutigen Tages, Hrn. Penck, das Wort zu nehmen.

Hr. Penck hielt hierauf den folgenden Festvortrag:

Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel.

Das Studium der Formen der Landoberfläche hat deren Abhängigkeit von zwei Gruppen von Faktoren erkennen lassen. Sie hängen ab von der Struktur der Erdkruste, also von Ursachen, die im wesentlichen in der Erde selbst gelegen sind, und von Kräften, die außerhalb der Erde ihren Ursprung haben. Jene bedingen die großen Unebenheiten, diese suchen letztere auszugleichen; jene schaffen den Block, diese meißeln ihn aus: endogenen tektonischen Formen stehen exogene Skulpturformen gegenüber.

Das gegenseitige Verhältnis zwischen beiden Gruppen von Formen hat die Geologen und Geomorphologen durch mehr als ein Jahrhundert beschäftigt. Man hat bald der einen, bald der andern Ursache den maßgebenden Einfluß zugeschrieben. Erst allmählich ist der Gedanke ausgestaltet worden, daß beide Ursachen in ihrem Gegeneinanderwirken die Formen der Landoberfläche bestimmen. Jede exogene Form hat irgendeine endogene zur Voraussetzung, und exogene Kräfte bringen endogene Formen allmählich zum Verschwinden. Das gegenseitige Verhältnis von endogenen und exogenen Ursachen als Formbildner hängt also im wesentlichen von der Größe der Zeit ab, während welcher beide in ihrem Gegeneinanderwirken sich entfalten konnten. Diese an sich nicht neue, aber nur selten klar erkannte Regel ist von William Morris Davis zur Grundlage seiner Klassifikation der Formen der Landoberfläche gewählt worden.

Aber nicht nur die Dauer der Zeit, während welcher die exogenen Kräfte an endogenen Formen nagen, spiegelt sich in dem Formenschatz des Landes, sondern auch die Art der exogenen Kräfte selbst. Es sind ihrer nicht viele: die Verwitterung durch Temperaturwechsel und chemische Tätigkeit des Wassers, an welche sich bald jähe, bald langsame Bewegung gelockerter Massen knüpft, ferner die Zerstörung, der Transport und die Wiederablagerung von Teilchen der Erdkruste durch die Bewegungen der Luft, des rinnenden Wassers, des Gletschereises, durch den Wellenschlag und die Bewegungen in den großen Wasseransammlungen. Überblickt man diese Gruppe von Agenzien, so erkennt man unschwer ihre Abhängigkeit vom Klima, wenn man dieselbe nicht zu eng faßt und nicht

glaubt, daß eine bestimmte Kraft einem bestimmten Klima eigentümlich sei. Man darf nicht den Wind als die ausschließliche exogene Wirkung im trockenen, das Wasser nicht als die im humiden Klima hinstellen und die Gletscher nicht als Wirkungen eines glazialen Klimas. Es darf nicht vergessen werden, daß der Wind ein universeller Faktor auf der ganzen Landoberfläche ist, welcher in jedem Klima große Wirkungen zustande zu bringen vermag, sobald die Landoberfläche nackt daliegt und nicht eine schützende Pflanzendecke trägt. Ebenso wie in den Wüsten, arbeitet er auch an den sandigen Küsten des Meeres und an den sandigen Ufern von Flüssen, auf den trockenen Betten von Gletscherbächen sowie endlich an jenen Gebirgszinnen, welche die Schneegrenze überragen. Fast universell ist auch die Wirkung des rinnenden Wassers. Wir kennen sie nicht bloß im humiden Klima: sie entfaltet sich zeitweilig in allen, selbst in den trockensten Wüsten und begleitet tief in letztere hinein die aus humiden Ländern kommenden Flüsse. Sie kann bei gelegentlichen Regenfällen hoch über der Schneegrenze zur Entwicklung kommen und setzt selbst unter dem Gletschereise ein. Die Gletscher sind aber ebensowenig wie die Flüsse Kennzeichen eines bestimmten Klimas; sie wurzeln zwar im nivalen Klima, aber erstrecken sich weit aus letzterem heraus und enden in der Regel in humiden Gebieten, stellenweise selbst in ariden Strichen, sofern sie sich nicht im Meere in Eisberge auflösen. Ganz verfehlt ist daher der Schluß, der immer und immer wieder, selbst in jüngster Zeit, von Geologen gezogen worden ist, daß die Flora und Fauna von Schichten, die in nächster Nähe eines Gletscherendes abgelagert worden sind, einen Anhaltspunkt für das Klima geben, unter welchem jener Gletscher entstand. Sie lehren nur klimatische Verhältnisse kennen, in welchen der Gletscher endete. Wir müssen streng unterscheiden zwischen autochthonen Flüssen und Gletschern des humiden und nivalen Klimas und allochthonen Flüssen und Gletschern im ariden bzw. humiden Gebiete[1].

Nicht die einzelnen Formen, nicht das einzelne Tal oder Düne oder Moräne ist daher bezeichnend für die Abhängigkeit der Formen der Landoberfläche vom Klima, sondern der Formenkomplex, die Landschaft. Mustert man die einzelnen Formenkomplexe, so erkennt man in der Tat ganz auffällige und enge Beziehungen zwischen ihren charakteristischen Eigentümlichkeiten und dem Klima.

Im humiden Klima ist ein Überschuß von Niederschlag gegenüber der Verdunstung vorhanden. Überschüssiges Wasser fließt ab und

---

[1] A. Penck, Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Basis. Diese Sitzungsberichte 1910, S. 236 (246).

gewährt dem Lande eine gleichsinnige Abböschung, welche weite Flächen beherrscht und lediglich dort aussetzt, wo durchlässiger Boden das Wasser aufschluckt. Die Gleichsinnigkeit der Abdachung beherrscht sowohl die Gebiete der Wassererosion als auch die der fluviatilen Akkumulation; sie kennzeichnet sowohl die Täler als auch die Stromebenen und wird namentlich durch Durchbruchtäler vermittelt, welche quer durch Gebirgsketten hindurchsetzen und sonst geschlossene Becken in ihr Bereich ziehen. Die gleichsinnige Abdachung erstreckt sich bis dahin, wohin das aus dem humiden Klima abfließende Wasser gelangt, bis zum Meere oder bis in die Trockengebiete hinein, wo sie in geschlossenen Hohlformen enden kann. Geschlossene Hohlformen sind das Kennzeichen arider Gebiete. Wo das abfließende Wasser fehlt, gelangen mehr oder weniger zahlreiche Mittelpunkte für gesonderte Abdachungssysteme zur Entwicklung, und es wird das gesamte Land nicht mehr von einer großartigen gleichsinnigen zentrifugalen Abdachung beherrscht, sondern von zahlreichen kleinen zentripetalen. Die geschlossenen Hohlformen der ariden Gebiete sind selten sehr ansehnlich. Oft handelt es sich lediglich um flache Ebenen oder flache Pfannen, seltener um scharf umrandete Wannen. Die Entstehung dieser Formen ist eine sehr verschiedene. Die einen sind Ausfurchungen durch den Wind im Bereiche leicht zerstörbarer Gesteine, die andern verlassene Böden von allochthonen Flüssen, deren Kolke sichtbar geworden, oder verlassene Täler, welche durch den Einbau von Schuttkegeln oder das Einwehen von Dünen gegliedert worden sind. Es kann sich aber auch handeln um Stücke der Landoberfläche, welche verworfen oder verbogen worden sind, ohne daß dem durch das Einschneiden von Durchbruchtälern entgegengearbeitet werden konnte; endlich können es Lücken zwischen Dünen sein. Die in diesen Hohlformen zum Ausdruck kommende Ungleichsinnigkeit der Abdachung ist nicht so auffällig wie die Gleichsinnigkeit in humiden Landschaften, welche durch die Bahn des abfließenden Wassers gekennzeichnet wird. Sie tritt manchmal erst bei genaueren kartographischen Aufnahmen deutlich hervor. Solche aber fehlen gewöhnlich in den unbewohnten Trockengebieten. Erst ein Klimawechsel macht sie, und zwar in auffälliger Weise, sichtbar, wenn sie sich mit Wasser füllen, und weitausgedehnte flache Hohlebenen in Seen verwandelt werden.

Die Einzelformen in den ariden Gebieten harren großenteils noch der eingehenden Untersuchung. Die Nacktheit der Oberfläche rückt manche Einzelheiten in den Vordergrund, welche in humiden Gebieten mehr oder weniger durch die Vegetationsdecke versteckt sind. Manche Einzelheit daher ist als spezifische Wüstenerscheinung beschrieben worden, welche auch dem humiden Klima an entsprechenden Stellen

keineswegs fehlt. Selbst die Wüstentäler sind mißdeutet worden. Sie gehören entweder zu größeren allochthonen oder zu kleineren autochthonen Gerinnen. Letztere kommen zeitweilig, namentlich an Steilhängen, zur Entwicklung; rasch laufen die Wasser des ausnahmsweise, dann aber meist heftig fallenden Regens ab und schneiden zwar steilwandige, aber gewöhnlich nicht tiefe, dichtgedrängte Furchen ein, die man als Spülrinnen den langgedehnten Tälern der autochthonen Flüsse humider Gebiete gegenüberstellen kann. In den Badlands nehmen diese Spülrinnen eine besonders großartige Entwicklung; sie fehlen aber in den humiden Gebieten nicht, wo sie manchmal auf nackten Oberflächen einsetzen. Die Erdpyramiden von Bozen sind steingekrönte Pfeiler, die sich aus den Firsten zwischen den Spülrinnen auf nackten Moränen herausheben. Die Karren sind kleine Spülrinnen auf Kalk. Während aber die Spülrinnen der humiden Gebiete mit Ausnahme jener auf permeablem Kalk sich der allgemeinen gleichsinnigen Abdachung unterordnen, sind die der Trockengebiete isolierte Erscheinungen, geknüpft an Steilhänge.

Der Formenschatz des nivalen Klimas wird durch die Schnee- und Eisanhäufung den Blicken des Beobachters entzogen und läßt sich nicht direkt wahrnehmen. Er wird gestaltet durch die abfließenden Eismassen, die sich als Gletscherzungen aus dem nivalen Klima weit hinaus in das humide oder aride erstrecken. Glaziale Formen sind also ebenso entweder autochthone nivale oder allochthone im humiden oder ariden Klima. Man kann gewärtigen, daß ihre Gestaltung von denselben Regeln beherrscht wird wie die der Flußbetten: die Betten kleiner Gletscher werden stufenförmig münden in die tieferen der großen, am Boden beider werden Wannen vorkommen, vergleichbar den Kolken am Boden von Flüssen. Jedenfalls bestimmt das Gesetz, welches die Entwicklung der Flußspiegel und damit auch die der Oberflächengestaltung der humiden Gebiete beherrscht, auch die Entwicklung der Gletscheroberflächen. Sie senken sich gleichsinnig, und die der kleinen Gletscher schließen sich asymptotisch an die der großen an. Das gleichsinnige Oberflächengefälle wird nur unbedeutend unterbrochen, für den Wanderer allerdings in erschwerender Weise durch Spalten und da und dort auch durch trichterförmige Einsenkungen.

Geht man nun mit diesen theoretischen Vorstellungen an eine Analyse der Formen humider und arider Gebiete der Landoberfläche, so findet man keineswegs überall Übereinstimmung zwischen Klima und Form. Im humiden Gebiete Europas ist eine solche Kongruenz lediglich im Süden und in der Mitte vorhanden, nicht aber im Norden, und ebenso verhält es sich in Nordamerika. Im Norden Europas und Nordamerikas findet sich ein auffälliger Widerspruch, eine wahre Dis-

krepanz zwischen Klima und Oberflächenform. Ersteres ist ausgesprochen humid, letztere aber zeigt nicht die Gleichsinnigkeit der Abdachungen, welche zu gewärtigen wäre; vielmehr finden sich zahlreiche, rings umwallte Hohlformen, typische Wannen, welche gemäß den klimatischen Verhältnissen mit Wasser erfüllt sind. Längst bevor diese auffällige morphologische Tatsache in ihrer Tragweite erkannt worden war, hatten geologische Untersuchungen in den betreffenden Gebieten erwiesen, daß diese den Schauplatz früherer Vergletscherungen darstellen. Mit glazialen Ablagerungen dringen glaziale Formen allenthalben tief in das Bereich der typischen humiden ein, und nichts hat mehr die Gewinnung guter morphologischer Vorstellungen gehindert als gerade die Tatsache, daß fast überall dort, wo man inden höheren Gebirgen Europas die Talbildung zu studieren begann, man auf glaziale oder glazial beeinflußte Formen stieß und nicht die rein fluviatilen kennen lernte.

Mühsam hat man diese Schwierigkeit überwunden. Das eindringliche Studium speziell der Formen der Alpen lehrte das Wesen glazialer Bodengestaltung mehr und mehr erkennen. Die Alpentäler sind nicht rein fluviatilen Ursprungs, sondern stark glazial modifiziert; die alten Gletscher haben ihnen Züge aufgedrückt, die man in Gletscherbetten zu erwarten hat. Stufenförmig münden die kleineren Täler als Betten kleinerer Gletscher in die großen, übertieften Gletscherbetten der Haupttäler. Der Querschnitt beider ist ein ausgesprochen trogförmiger. Die Trogsohle hat kein gleichsinniges Gefälle. Sie endet talabwärts stumpf in moränenumwallten Zungenbecken und zeigt hier und da wannenförmige Vertiefungen. Man hat es in den Alpen mit den Werken einer durch ein schon früher entwickeltes Relief dirigierten glazialen Erosion zu tun, während im mittleren Schweden, namentlich dort, wo sich die Gletscher frei über das Land verbreiteten, die Erosion selektiv verfuhr und weichere Gesteine aus den härteren herausräumte. Wannen entstanden hier und da; nunmehr, nach dem Schwinden der Gletscher, sind sie mit Wasser erfüllt und erscheinen als Talseen in den Alpen, als Ausräumungsseen im mittleren Schweden. Heute ist klar, daß die Wannenform ebenso charakteristisch für alte Gletscherbetten ist wie die Kolkform für die Flußbetten, nur daß diese steilwandiger und weit kleiner ist als jene.

Wie bei den fluviatilen Formen lassen sich auch bei den glazialen autochthone Komplexe von allochthonen trennen. Autochthon sind die Formen, welche Flüsse und Gletscher dort schaffen, wo sie beginnen; autochthon sind die fluviatilen Formen an Wasserscheiden und die glazialen an ehemaligen Eisscheiden. Das Studium der Talanfänge, speziell in den Gebirgen, lehrt typische autochthone Formen

kennen. In humiden Gebieten mit kongruenten Formen herrschen hier Trichter- und Muldenformen, in humiden Gebieten mit diskrepanten glazialen Formen aber halbkesselförmige Nischen, die Kare. Sie sind bezeichnend für die Wurzelstellen der alten Gletscher und offenbaren ein starkes Einsetzen glazialer Erosion dicht am Orte des Ursprungs des Gletschers; sie entstehen ausschließlich im nivalen Klima. An die Kare deutscher Mittelgebirge knüpfte Joseph Partsch im Jahre 1882 an, als er den Versuch machte, die Lage der Schneegrenze während der Eiszeit zu bestimmen, und damit dieses gewaltige Phänomen auf eine Verschiebung der Grenze zwischen dem nivalen und humiden Klima zurückführte[1].

Einschlägige Untersuchungen sind seither über zahlreiche Gebirge ausgedehnt worden, und allenthalben hat sich gezeigt, daß die Schneegrenze in der letzten geologischen Vergangenheit erheblich tiefer gelegen gewesen ist als heute. Autochthone glaziale Formen zeichnen eine 800 bis 1300 m hohe Zone unterhalb der heutigen Schneegrenze aus. Kein Gebiet ist in dieser Hinsicht lehrreicher als Südamerika, dessen glaziale Spuren seit langem bekannt, aber erst in neuerer Zeit zusammenhängend gewürdigt worden sind. Gustav Steinmann hat sie zuerst zusammenfassend, zum guten Teil auf Grund eigener Beobachtungen geschildert: »Spuren der Eiszeit reichen über den ganzen Gebirgszug von Kap Horn (56° südl. Br.) bis zur Sierra Nevada de Santa Marta (11° nördl. Br.)[2].« Allerdings sind sie in der niederschlagärmsten Region recht unbedeutend. In der Westkordillere zwischen 26° und 18° südl. Br. scheinen sie nach Steinmann an Einzelbergen von weniger als 5000 m Meereshöhe ganz zu fehlen. Auch in der etwas weiter südlich gelegenen niederschlagärmsten Region der Ostkordillere sind sie nur minimal entfaltet. Walther Penck hat am 6000 m hohen Südgipfel des Nevado de Famatina Kare erst in 5200 m Höhe getroffen und sich davon überzeugt, daß kein Talgletscher von dem Gebirge ausgegangen ist[3]. Höher als bisher sonst nachgewiesen, liegt hier die eiszeitliche Schneegrenze, aber noch erheblich höher liegt die heutige, in welche nur die Gipfelpartie des fast 6400 m hohen Gebirges hineinragt. Wir lernen daraus, daß auch in den Wüstengebirgen Südamerikas eine ansehnliche eiszeitliche Herabrückung der Schneegrenze stattgefunden hat, und eine ähnliche Herabrückung der eiszeitlichen Schneegrenze wird uns auch aus den Wüstengebirgen Nord-

[1] Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882.

[2] Über Diluvium in Südamerika. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 1906, S. 215.

[3] Briefliche Mitteilung.

amerikas und aus den Wüstengebirgen Zentralasiens berichtet. Diese Herabrückung der Schneegrenze macht aber auch nicht in den äquatorialen Regionen halt, wie namentlich HANS MEYER auf Grund seiner ausgedehnten Reisen in Ekuador und Deutsch-Ostafrika[1] gezeigt hat und durch die neueren holländischen Arbeiten[2] auf Neuguinea dargetan worden ist. Diese Tatsache schließt alle jene Hypothesen aus, welche die Eiszeit als ein Phänomen betrachten, das alternierend die eine oder andere Halbkugel betraf; die Eiszeit muß vielmehr als eine allgemeine, die ganze Erde betreffende Verschiebung der Klimagürtel gelten. Die Grenze zwischen humidem und nivalem Gebiete hat einmal allgemein tiefer gelegen, und zwar in höheren Breiten, wie es scheint, etwas mehr, in niederen Breiten und kontinentalen Gebieten, wie es scheint, etwas weniger. Ausgeschlossen sind daher auch alle jene Hypothesen, welche die Eiszeit auf lokale Veränderungen, z. B. in der Höhe der Gebirge, zurückführen wollen, wie dies in jüngster Zeit erst wieder von RICHARD LEPSIUS geschehen ist. Wenn aber LEPSIUS[3] zur Stütze seiner Ansicht auf die Arbeit von YOKOYAMA[4] verweist, wonach die japanischen Hochgebirge keine Gletscher besessen haben, so lenkt er die Aufmerksamkeit wohl weniger auf eine Lücke in einer sonst allgemein auf der Erde auftretenden Erscheinung als auf eine Lücke in unserer Kenntnis des japanischen Hochgebirges. Wenigstens zeigen Ansichten aus diesem, die mir Prof. OSEKI verehrte, beispielsweise am nördlichen Yariga Take (3093 m), deutlich Kare sowie einen Wall, der nach seiner Lage und Erstreckung nur als Endmoräne gedeutet werden kann. Ich gewärtige daher, daß morphologisch geschulte Beobachter im japanischen Alpengebirge uns bald auch den Betrag der eiszeitlichen Herabrückung der Schneegrenze ziffermäßig erweisen werden.

Es ist eine Frage von fundamentaler Bedeutung, ob während der Eiszeit auch die anderen Klimagrenzen auf der Erde verschoben waren. Vom Standpunkte der Morphologie kommt hier die Trockengrenze in Betracht, welche die ariden Gebiete von den humiden scheidet. Gehen wir vom humiden gemäßigten Klima Europas südwärts, so stoßen wir im Norden Afrikas auf die Trockengrenze an der Polarseite des Wüstengürtels. Durchmessen wir diesen, so kommen wir auf die zweite Trockengrenze, die ihn vom tropischen humiden Gebiete trennt.

---

[1] In den Hochanden von Ekuador. Berlin 1907, S. 427.

[2] H. A. LORENTZ, An Expedition to the Snow clad Mountains of New Guinea. Geogr. Journal XXXVII, 1911, S. 477.

[3] Keine diluviale Eiszeit in Japan. Geologische Rundschau III, 1912, S. 157.

[4] M. YOKOYAMA, Climatic Changes in Japan since the Pliocene Epoch. Journal of the College of Science Tokyo. Vol. XXXII, Art. 5, 1911.

Ebenso überschreiten wir, von der Südspitze Afrikas an äquatorwärts gehend, beim Passieren des südlichen Wüstengürtels zwei Trockengrenzen, die eine an seiner polaren, die andere an seiner äquatorialen Seite. Wir unterscheiden an jedem Wüstengürtel eine polare und eine äquatoriale Trockengrenze und legen uns die Frage vor, ob entsprechend der Herabrückung der Schneegrenze auch beide Trockengrenzen in niedere Breiten herabgerückt waren oder ob, was natürlich auch denkbar ist, die polaren und äquatorialen Trockengrenzen verschiedenartige Bewegungen gemacht haben. Im ersteren Falle würden wir es zur Eiszeit mit einer Minderung der Größe des tropischen humiden Gebietes, im letzteren mit einer solchen der ariden Gebiete zu tun haben.

Zur Beantwortung dieser Frage bietet die Westseite Nordamerikas passende Gelegenheit. Hier schwillt der nördliche Wüstengürtel zu ansehnlicher Breite an; er reicht im Großen Becken bis 42° nördl. und auf dem Hochlande von Mexiko bis südlich vom Wendekreise. Nur wenige allochthone Flüsse, die in den Gebirgen ihren Ursprung nehmen, wie beispielsweise der Colorado und der Rio Grande del Norte, durchbrechen diese aride Zone, deren Breite mehr als $^1/_5$ des Erdquadranten mißt. Charakteristische geschlossene Hohlformen herrschen hier, nämlich die Bolsone[1]. Zwischen den einzelnen Gebirgsketten des großen Beckens von Arizona und Neumexiko sowie des ariden Hochlandes von Mexiko erstrecken sich flache, rings umwallte Einsenkungen; in sie reichen von den umgrenzenden Gebirgen wie Schleppen ungeheure flache Schuttkegel hinein, die Bajadas der spanischen Amerikaner. In der Mitte liegen Salzsümpfe mit fast ebener Oberfläche, gelegentlich von einem See von geringer Tiefe und sehr wechselnder Ausdehnung eingenommen, die Playas.

Ob man sie im Norden in Arizona oder in Kalifornien oder im Süden in Mexiko sieht, ist die Erscheinung der Bolsone im wesentlichen dieselbe; nur in Utah findet sich ein abweichender Zug. Die gewaltige Erstreckung der Bajadas wird unterbrochen durch eine deutliche, nahezu horizontal verlaufende Kerbe, welche vom Wellenschlage eines Sees gebildet worden ist. Diese Kerbe verläuft rings um das Gebiet des Großen Salzsees und tritt auch am felsigen Abfalle des Wahsatchgebirges in entsprechender Höhe als prächtige Felsterrasse auf. An sie knüpfen sich zahlreiche Einzelheiten, die für die Gestaltung von Seeufern bezeichnend sind. Kurz, wir haben das Ufer eines riesigen Sees vor uns. Grove Karl Gilbert, der ihn

[1] Literatur bei C. F. Tolman, Erosion and Deposition in the Southern Arizona Bolson Region. The Journal of Geology XVII, 1909, S. 136.

in klassischer Monographie[1] beschrieben hat, hat ihn nach einem früheren Erforscher der Gegend Bonnevillesee genannt. Der Bonnevillesee hatte einen Abfluß zum Snake River. Er gehörte also in das humide Klima, welches sich einst über weite Strecken des großen Beckens ausgedehnt haben muß. Daß dies während der Eiszeit der Fall war, lehrt die Verquickung von Moränen mit alten Uferlinien. Synchron mit der Schneegrenze ist die polare Trockengrenze, und zwar in gleichem Sinne, verschoben gewesen. Seit der Eiszeit hat sich jene um mehr als 1000 m gehoben, und diese ist um mehr als 3 Grad polwärts gewandert. Diskrepant breitet sich im Gebiete des Großen Salzsees über den Uferlinien eines humiden Klimas heute das aride Klima; der Große Salzsee selbst aber ist der Überrest einer früheren größeren Wasseransammlung; sein großer Salzreichtum kennzeichnet ihn als Sole, zurückgeblieben beim Verdunsten einer mächtigen Wasserschicht aus einer riesigen Pfanne.

Die Bolsone südlich des ehemaligen Bonnevillesees zeigen nichts von einer solchen ehemaligen bis zum Überfließen führenden Wassererfüllung: keine Uferlinie umrahmt sie ähnlich denen von Salt Lake City oder von Provo. Sie könnten sich nicht den Blicken eines im Schnellzuge Dahineilenden entziehen, der von Bolson zu Bolson gelangt; keine der Schriften über die Geologie der Gegend erwähnt sie. Sie treten auch nicht auf den neueren Karten des Landes entgegen, welche auf Aufnahmen beruhen und nicht bloß auf Rekognoszierungen wie die älteren. Wir müssen daher wohl annehmen, daß hier die Trockenheit des Klimas während der Eiszeit nicht durch eine fluviatile Periode unterbrochen gewesen ist, so wie am Großen Salzsee. In den Bolsonen zwischen dem südlichen Kalifornien und dem Hochlande von Mexiko herrscht Konkordanz zwischen Klima und Formen. Der große Wüstengürtel existierte hier auch zur Eiszeit, während die Schneegrenze auf den umgrenzenden Gebirgen erheblich tiefer lag; aber seine Polargrenze lag um etwa 3 Grad weiter südlich. Überschreiten wir auf dem Hochlande von Mexiko seine heutige äquatoriale Grenze, so werden wir dessen nicht sofort gewahr. Wir sehen nicht ohne weiteres, wo wir aus dem Bolsongebiete herausgelangen. Die weite Beckenform bleibt noch vorherrschend; wir erblicken noch langgestreckte Bajadas, aber inmitten der Becken finden sich nunmehr Süßwasserseen, welche, wie im Tale von Mexiko, zu einem Salzsee mit mäßigem Salzgehalt entwässern, der bereit ist überzufließen, oder welche ihre Wasser dem Meere zusenden, wie z. B. der Lago Chapala durch den Rio Grande de Santiago. Wir erhalten den Eindruck, als ob

[1] Lake Bonneville. Monographs U. S. Geological Survey I, 1890.

hier humides Klima sich über aride Bolsonformen gebreitet und diese eben mit Wasser erfüllt habe, als ob hier die äquatoriale Trockengrenze einst etwa ebensoviel weiter äquatorwärts gelegen habe wie die polare Trockengrenze im Norden. Aber wir sind auf dem Hochlande von Anahuc im Gebiete jugendlicher vulkanischer Tätigkeit, wo mächtige vulkanische Aufschüttungen erfolgt sind. Auch solche können, wie dies der weiter südlich gelegene See von Nikaragua lehrt, geschlossene Becken bilden, die sich im humiden Klima mit Wasser füllen müssen. Man kann daher zunächst nicht mit Sicherheit sagen, daß hier eine Diskrepanz der Formen vorliegt. Lenken wir daher unseren Blick auf einen anderen Teil der Erde in entsprechender Lage.

Der Wüstengürtel am Ostufer des nördlichen Atlantik erstreckt sich etwas weiter südlich als der am Ostgestade des Pazifik. Er reicht nicht über Afrika hinaus, im Westen nicht einmal bis an dessen Nordküste; seine polare Grenze liegt zwischen 30 und 35° nördl. Br., seine äquatoriale aber im Sudan ungefähr bei 15° nördl. Br. Er hat also nahezu dieselbe Breite wie der Nordamerikas, liegt aber um 7° weiter äquatorwärts. Seine Nordgrenze wird durch die alten Kulturländer Nordafrikas bezeichnet, und vielfach wird aus diesen auch von einer in historischer Zeit vollzogenen Klimaänderung berichtet; die einschlägigen Zeugnisse sind jedoch nicht einwandfrei. Aber vieles spricht dafür, daß, wenn auch nicht in den Zeiten des klassischen Altertums, so doch in früherer Zeit das humide Klima im äußersten Norden Afrikas größere Ausdehnung gehabt hat als gegenwärtig. Nicht mit Unrecht spricht man hier von einer früheren Pluvialzeit. Aber die Diskrepanz der Formen ist hier noch nicht so schlagend begründet wie im Westen Nordamerikas. Eingehendere Untersuchungen werden hierüber voraussichtlich noch manches Licht breiten, namentlich, wenn sie jene Erscheinungen im Auge behalten, auf welche Alfred Grund[1] die Aufmerksamkeit gerichtet hat, nämlich, daß von einer Reihe von Flüssen der oberste Teil des Einzugsgebietes durch Zunahme der Trockenheit gleichsam abgewelkt und in flache Wannen verwandelt worden sei. Gehen wir weiter südwärts, so schwinden die Anzeichen von einer Diskrepanz zwischen Klima und Oberfläche. Die Oasen in der libyschen Wüste Oberägyptens, welche geschlossene Hohlformen darstellen, zeigen keine Spur von ehemaliger Vollfüllung mit süßem Wasser und eines ehemaligen Ausflusses, was sich geltend machen müßte, falls sie je im humiden Klima gelegen hätten. Wir müssen daher auch wohl für den größten Teil der libyschen Wüste und höchst

[1] Die Probleme der Geomorphologie am Rande von Trockengebieten. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften Wien. Math.-nat. Klasse, CXV. Abt. I. April 1906.

wahrscheinlich auch für den größten Teil der Sahara ein Andauern von ariden Zuständen durch die ganze Eiszeit annehmen.

Anderen Verhältnissen begegnen wir am Südsaume der Sahara an der Grenze gegen den Sudan. Hier liegt der Tschadsee, größer als das Königreich Sachsen, aber nur ganz wenige Meter tief. Schari und Logone führen ihm mächtige Wassermassen von Süden her zu, die in ihm verdunsten. Gleichwohl ist er kein Salzsee: schon Nachtigal hat berichtet, daß sein Wasser süß ist, und wenn es auch nach Tilho[1] mit zunehmender Entfernung von der Mündung der großen Flüsse brackisch wird, so ergibt doch die einzige vorliegende Analyse, daß es süß, sehr rein und ebensowenig salzreich ist wie die Wasser des Schari, Kongo und Niger. Der Tschadsee kann nicht mit dem Schott Melrir oder gar mit dem Großen Salzsee verglichen werden, der durch das Zusammenschrumpfen einer früheren größeren Wassermasse entstanden ist. Man muß ihn als eine verhältnismäßig junge Wasseransammlung deuten, in der sich noch nicht viel Salz hat ansammeln können. Der See hat nicht die Zeit, sich zu konzentrieren, sagen die Chemiker, welche die von Tilho[2] mitgebrachte Probe analysiert haben. Daß er sich dabei über ein Gebiet erstreckt, in welchem früher aride Zustände herrschten, geht klar aus den Inselschwärmen auf seiner Nordseite hervor. Freydenberg[3] nennt sie direkt Düneninseln, Îles Dunaires. Wo sich heute der See erstreckt, ist früher der Wüstensand in lange parallele, von NW nach SO streichende Dünenzüge zusammengeweht, ganz ebenso wie im angrenzenden Gebiete von Kanem. Der Tschadsee erscheint uns daher als die sich bildende Wasseransammlung am Boden eines ganz riesigen Bolsons, welche allerdings erst einen sehr kleinen Teil von dessen ganzer Fläche einnimmt, und zwar je nach dem Wechsel von feuchten und trockenen Jahren, bald mehr, bald weniger. Alles in allem bietet er Anzeichen eines Klimawechsels, und zwar diesmal vom ariden zum humiden. Dieser Klimawechsel muß sich im südlich gelegenen Sudan abgespielt haben, denn Schari und Logone sind wasserreicher geworden und beginnen als allochthone Flüsse nunmehr den weiten Tschadbolson zu füllen. Wir folgern also im Sudan auf eine Polwärtswanderung der äquatorialen Trockengrenze in jüngster geologischer Vergangenheit.

Der Tschadsee findet ein Seitenstück an der äquatorialen Trockengrenze des südlichen Afrikas in Gestalt der großen Etoschapfanne. Wie jener bekommt diese die Zuflüsse aus äquatorialen Breiten, deren

[1] Exploration du lac Tchad. La Géographie XIII, 1906, S. 195. Vgl. auch Documents scientifiques de la Mission Tilho (1906—1909). Paris 1911, I, S. 84.
[2] Ebenda II, S. 595.
[3] Explorations dans le bassin du Tchad. La Géographie XV, 1907, S. 161.

Wasser in ihr verdunsten. Gleichwohl gilt die Pfanne nicht als eigentliche Salzpfanne, sondern als Brackwasserpfanne, d. h. auch hier haben wir es mit einer verhältnismäßig jugendlichen Wasseransammlung zu tun, gebildet in einer flachen Hohlform, gerade am Rande des ariden Gebietes. Aber der Umstand, daß wir uns in der Nähe des südwestafrikanischen Kalkgebietes befinden, wo möglicherweise das Karstphänomen für die Bildung der Hohlform in Betracht kommen kann, mahnt uns hier ebenso zur Vorsicht wie das Auftreten der hohen Vulkane angesichts der Seen des Plateaus von Anahuc.

Wir wenden unsern Blick nun wieder auf die andere Hemisphäre und begeben uns an deren äquatoriale Trockengrenze. In etwa gleicher Breite wie die Etoschapfanne finden wir im interandinen Hochlande Südamerikas das Seenpaar des Titicacasees und des Lago Poopó, welch letzterer vielfach auch Lago Pampa Aullagas heißt. Nach den Untersuchungen von Maurice Neveu Lemaire[1] erfüllt der Titicacasee eine 272 m tiefe Wanne zwischen den beiden Andenketten und entsendet seinen Ausfluß, den Desaguadero zum Lago Poopó. Dieser nimmt lediglich die Bodenfläche einer großen Hohlform ein und erscheint hier als eine ähnlich seichte Wasseransammlung wie der Tschadsee; ist doch seine größte Tiefe nur 3.95 m. Der Titicacasee ist also hydrographisch ein Flußsee, der Lago Poopó aber, ebenso wie der Tschadsee und die Etoschapfanne ein Endsee. Gleich den letzteren jedoch erscheint er nicht als ein eigentlicher Salzsee; seine Wasser sind zwar nicht ganz süß, aber ihr Salzgehalt ist geringer als der des Meeres; er beläuft sich nämlich nur auf 23.456 g im Liter, was nicht hindert, daß einige Fische und Krustazeen des Titicacasees in ihm vorkommen. Dies ist Neveu Lemaire als eine interessante Anpassung von Süßwasserbewohnern an stark brackisches Wasser erschienen. Wir möchten daraus folgern, daß sich der Bolson des Lago Poopó jetzt eben erst mit Wasser füllt, und zwar namentlich durch den Abfluß des Titicacasees. Letzterer selbst enthält nun aber auch nicht rein süßes Wasser, sondern ist, allerdings sehr schwach, salzig. Ein Salzgehalt von 1.071 g im Liter aber könnte in einem echten Flußsee nicht erwartet werden. Er weist uns darauf, daß unser See erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit Flußsee geworden und früher Endsee gewesen ist. Wir erkennen also auch hier eine allmähliche Erfüllung von großen Hohlformen mit Wasser; die eine ist bereits bis zum Überfließen gefüllt, die andere beginnt sich eben erst zu füllen. Wir haben es wiederum mit der Umwandlung arider Zustände in humide gerade an der äquatorialen Trockengrenze zu tun, und diese Umwand-

[1] Les lacs des hauts plateaus de l'Amérique du sud. Paris 1906.

lung geht an beiden Seen in ähnlicher Weise oszillatorisch vonstatten wie am Tschadsee. Der Titicacasee hat in historischen Zeiten nicht unansehnliche Schwankungen seines Spiegels, der Poopósee solche seines Umfanges erlitten.

Das Auftreten großer brackischer oder süßer Endseen an der äquatorialen Trockengrenze, das wir sowohl in Afrika als auch in Amerika feststellen konnten, steht in auffälligem Gegensatze zu dem, was wir an der polaren Trockengrenze wahrnehmen. Hier liegen die salzreichen der größeren Seen. Dem Großen Salzsee in Nordamerika entsprechen in der Alten Welt die Salzseen von Wan und Urmia, sowie das Tote Meer, dessen vielfach gestörte, zum Teil sehr hoch gelegene alte Uferterrassen Blanckenhorn[1] kürzlich mit eiszeitlichen Ablagerungen in Mitteleuropa parallelisiert hat. Der Gegensatz zwischen den Seen beiderseits des Wüstengürtels wird uns verständlich durch die Annahme, daß sich die beiden Trockengrenzen in letzter geologischer Vergangenheit polwärts verschoben haben. Infolgedessen schrumpften an der polaren Trockengrenze vorhandene Seen ein und hinterließen Salzsolen, während sich an der äquatorialen Trockengrenze leere Wüstenwannen mit Wasser füllten, das sich noch nicht zu konzentrieren vermocht hat.

Neben dem Auftreten von brackischen Endseen scheinen aber auch morphologische Tatsachen für eine in jüngster Zeit erfolgende polwärtige Verschiebung der äquatorialen Trockengrenze zu sprechen, nämlich die eigentümliche Art der Entwicklung des Flußnetzes, welcher wir neben ihr an mehreren Stellen begegnen. Östlich und westlich der sich mit Wasser füllenden Hohlebene des Tschadbeckens begegnen wir am Südrande der Sahara zwei großen ebenen Strichen Landes, welche gleichfalls von Süden her kräftige allochthone Flüsse erhalten; aber das Wasser der letzteren wird in ihnen nicht zum See gestaut, sondern fließt durch sie in äußerst unregelmäßiger Weise hindurch. Es kehrt der Niger, nachdem er das aride Becken von Tombuktu durchmessen, zur Guineaküste zurück, in deren Nähe er seine Quellen hat, und der Weiße Nil tritt aus dem weiten Gefilde des Bahr-el-Ghasal-Beckens, in das er aus der äquatorialen Seenregion gelangt ist, im Norden als ein allerdings sehr wasserarmer Fluß heraus, der gewiß nicht die Nubische und Ägyptische Wüste durchmessen könnte, wenn er nicht durch den Blauen Nil verstärkt würde[2]. Die Stromentwicklung in diesen beiden am Wüstensaume gelegenen Becken ist von auffälliger Unregelmäßigkeit und trägt einen anderen Typus als

[1] Neues zur Geologie Palästinas und des ägyptischen Niltales. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft LXII, 1910, S. 405 (455).

[2] Pietsch, Das Abflußgebiet des Nils. Dissertation. Berlin 1910.

das Geäste von Flüssen in ihrem Aufschüttungsgebiete. Sie macht den Eindruck einer gewissen Unfertigkeit in der Anlage der Flüsse, als hätten diese erst kürzlich ihren Weg durch bereits vorhandene Ebenen genommen. Manche Einzelheit, namentlich das Auftreten von Dünen in dem südlichen Teile des Nigerbeckens, weist darauf, daß diese Ebene ein Wüstenklima besessen hat, bevor sie vom allochthonen Niger durchmessen wurde.

Eine ähnliche Unsicherheit der Flußläufe zeigt sich an der äquatorialen Trockengrenze von Südafrika. In dem von Passarge[1] erforschten Okawangobecken teilt sich der Okawango in Arme, von denen einer zum Ngamisee, ein zweiter in die Pfanne des Makarrikarribeckens, ein dritter durch den Kwando zum Sambesi fließt. Bald ist es der eine, bald ist es der andere Ast, welcher die größten Wassermassen in sich aufnimmt. Es macht ganz den Eindruck, als ob die Wasser des Okawango sich in einem Gebiete ausbreiteten, in dem einst ähnliche aride Zustände herrschten wie heute weiter südwärts im Makarrikarribecken. Man meint hier eine ähnliche Umwandlung von einem geschlossenen Binnenbecken in ein geöffnetes vor sich zu haben, wie sie sich im Titicacabecken vollzogen hat, und möchte das Makarrikarribecken mit dem Lago Poopó vergleichen, nur daß hier gleichzeitig auch eine Angliederung eines ehemaligen Gebietes ungleichsinniger zentraler Abdachung an das Bereich ozeanischer Abdachung durch Entwicklung eines Abflusses zum Sambesi im Zuge ist. Was hier einzutreten im Begriffe ist, hat sich möglicherweise am Sambesi bereits vollzogen. Oberhalb der Viktoriafälle fließt dieser Strom in flachem, sandigem Gelände, welches Passarge auf Grund der Oberflächenformen und Bodenbeschaffenheit zur Kalahari rechnen möchte, obwohl hydrographisch das Ganze in das Bereich des humiden Klimas gehört. Aus dieser breiten, sandigen Fläche stürzt sich der Fluß in jähem Falle in eine tiefe Schlucht. Wer dort gestanden hat und gesehen, wie der über $1^1/_2$ km breite Strom in einer zehnmal schmaleren Schlucht weiterfließt, kann sich des Gedankens nicht erwehren, daß jener hier noch nicht lange an seiner Arbeit sein kann; denn sonst würden die Fälle längst ausgeglichen und die Schlucht, in die der Strom sich stürzt, längst verbreitert sein. Und wer dann unterhalb der Fälle auf den Höhen beiderseits des Stromes in altem Flußschotter mehr oder weniger abgerollte Manufakte aus Hornstein vom Typus der paläolithischen Werkzeuge gesammelt hat, der ist innegeworden, daß die Fälle seit Existenz des Menschen kilometerweit zurückgegangen sind und sich hineindrängen in das innere Hochland, um es zu zer-

[1] Die Kalahari. Berlin 1904. Kap. XXVI, XXXI.

talen: daß letzteres nicht schon geschehen, weist auf die Jugend des Stromes, der erst kürzlich den Weg zum Meere durch Überfließen aus einem Becken gefunden hat. Ist dem so, so muß das äquatorwärts gelegene Hochland nunmehr größere Wassermassen abgeben als früher. Auf diesem Hochlande aber liegt der Bangweolo, dessen große Ähnlichkeit mit dem Tschadsee wiederholt hervorgehoben ist, obwohl er sich von demselben dadurch unterscheidet, daß er im Luapula bereits einen festen Ausfluß hat, der gleich dem Sambesi sich in mächtigen Wasserfällen herabsenkt. Haben wir es nicht hier mit einem weiteren Entwicklungsstadium des Tschadsees zu tun, nämlich mit einer bereits zum Überlaufen gefüllten Hohlebene, wie sie für aride Gebiete kennzeichnend ist? Haben wir in Südafrika es nicht mit einer Reihe von Übergängen geschlossener Hohlformen in aufgeschlossene Becken zu tun, die wir erwarten müssen, wenn aride Zustände humiden weichen? Fast leer sind noch die Hohlebenen des Makarrikarribeckens, teilweise gefüllt ist die der Etoschapfanne, zum Überlaufen gefüllt die des Bangweolo und erschlossen die Hohlebene des oberen Sambesi. Und begegnen wir nicht in Nordafrika Ähnlichem? Leer liegen die Hohlebenen der westlichen Sahara im Djuf, es füllt sich die des Tschadbeckens, es fließt die des Viktoriasees bereits über, und ertrunken sind die Mündungen der in letzteren mündenden Täler. Erschlossen sind endlich die Hohlebenen des oberen Nigerbeckens und des Bahr-el-Ghasal. Und ist es nicht ebenso in Südamerika? Beinahe leer ist der große Bolson von Uyuni, südlich vom Poopósee. Letzterer füllt sich mit Wasser. Zum Überlaufen gefüllt ist das Becken des Titicacasees, und weiter nordwärts ist das innerandine Hochland tief zerschnitten von Tälern. Liegen nicht hier wie da und dort, ebenso wie in Mexiko, die leeren, sich füllenden und überfließenden Hohformen in der Reihenfolge, die wir postulieren müssen, wenn ein Übergang vom ariden zum humiden Klima sich vollzieht? Und sind es hier wie da nur die ganz flachen Ebenen, die bereits durch allochthone Flüsse erschlossen sind? Alle diese Tatsachen können wir einheitlich durch Annahme einer in jüngster geologischer Vergangenheit sich vollziehenden Polwärtswanderung der äquatorialen Trockengrenze erklären. Freilich, Einzeluntersuchungen haben sie noch nicht erwiesen — vielleicht deswegen, weil die wenigen wissenschaftlichen Beobachter, welche auf dem weiten Gebiete tätig waren, die Möglichkeit nicht im Auge hatten. Daß an sie nicht gedacht wurde, kann nicht wundernehmen; denn augenblicklich tritt, wie es scheint, an den beiden äquatorialen Trockengrenzen eher Trockenheit ein als feuchtes Klima. Der Tschadsee ist in den letzten Jahrzehnten stark zusammengeschwunden und auf ein Minimum reduziert worden, wie

ein solches bereits mehrfach im 19. Jahrhundert eingetreten gewesen ist. Wir nehmen diese kleineren Schwankungen des Klimas nicht zum Ausgang, sondern lenken den Blick auf die größeren Vorgänge, die wir auseinanderzusetzen versuchten. Aber das Einsetzen weiterer Untersuchungen wird darum nicht minder wünschenswert. Von der Etoschapfanne fast bis zum Okawangobecken werden sie sich im deutschen Kolonialgebiete bewegen. Dies erfüllt uns mit der Hoffnung, daß hier deutsche Tätigkeit bald einsetzen möchte — sie würde auch vieles zur Kenntnis unserer Kolonien beisteuern.

Wir sind zur Annahme gelangt, daß während der Eiszeit die Klimagürtel der Erde äquatorwärts verschoben waren; die Schneegrenze war herabgedrückt und die beiden Trockengrenzen in niedere Breiten gerückt. Die Bewegung der Schneegrenze erscheint bedeutender als die der Trockengrenze, beläuft sie sich doch auf 800 bis 1300 m, das ist rund $^1/_5$ der größten Höhe, welche die Schneegrenze auf der Erdoberfläche hat, während die Bewegungen der beiden Trockengrenzen nur wenige, 3, vielleicht 5 Grade der Breite ausmachen. In der Nachbarschaft unsrer Klimagrenzen finden sich Diskrepanzen. Nivales Klima herrschte einst unter der heutigen Schneegrenze, humides äquatorwärts von der polaren Trockengrenze und arides, wie es scheint, an der äquatorialen Trockengrenze. Zwischen diesen Zonen diskrepanter Formen herrschen kongruente. Daraus schließen wir, daß die heutigen Klimagürtel bereits während der Eiszeit vorhanden waren, wenn auch in etwas äquatorwärts verschobener Lage. Wir dürfen daher die Eiszeit nicht mehr einseitig so fassen, wie es Louis Agassiz getan und wie es auch von Neueren vielfach geschieht, und mit ihr die Vorstellung von riesigen Gletschern auf allen Teilen der Erde verbinden. Nur dort, wo heute die Schneegrenze schon tief liegt und wo durch ihre Herabdrückung enorme Flächen Landes in das nivale Klima rückten, kam es zu großen Vergletscherungen, während dort, wo sie hoch liegt und wo durch ihre Herabrückung nur kleine isolierte Erhebungen in ihr Bereich einbezogen wurden, nur kleine Gletscher gebildet wurden. Sonst machte sich die Klimaänderung der Eiszeit auf der Erde jeweils in der Nähe der Klimagrenzen geltend: an der polaren Trockengrenze durch pluviales Klima, an der äquatorialen Trockengrenze, wie wir wahrscheinlich zu machen suchten, durch arides. Bereits Ellsworth Huntington[1] hat die Notwendigkeit empfunden, die eiszeitliche Klimaänderung, die seines Erachtens sowohl im Eintreten glazialer Umstände in den höheren Breiten und größeren Höhen als auch fluviatiler Um-

[1] Some Characteristics of the Glacial Period in Non Glaciated Regions. Bulletin Geological Society of America XVIII, 1907, S. 351 (362).

stände in niederen Breiten und geringeren Höhen bestand, mit einem einheitlichen Namen zu belegen: er nannte sie eine »Arsis« und bezeichnete die Eiszeit als arsiale Epoche, während er den Effekt einer umgekehrten Klimaänderung vom kälteren zum wärmeren, vom feuchten zum trockenen eine »Thesis« nannte. Mir scheint zweckmäßiger, den Komplex der hier gewürdigten, in letzter geologischer Vergangenheit erfolgten Klimaänderungen von der Eiszeit zur Gegenwart als eine anaklimatische Bewegung zu bezeichnen, während umgekehrt die vorausgegangene Änderung, die zur Eiszeit führte, eine kataklimatische Bewegung darstellt. Die dadurch eingeleitete kataklimatische Episode umfaßt die letzte Eiszeit mit ihrer Gletscherentwicklung in höheren Breiten und in den Gebirgen, ferner die Pluvialzeit, von der so häufig an der polaren Trockengrenze bereits gesprochen worden ist, endlich an den äquatorialen Trockengrenzen, wie wir darzutun suchten, höchst wahrscheinlich eine aride Zeit. Die auffälligen Diskrepanzen zwischen Klima und Form, die wir auf der Landoberfläche in zonaler Anordnung finden, bezeichnen wir als solche anaklimatischer Art; wir finden über nivalen Formen humides Klima, über humiden Formen arides und über ariden Formen humides Klima: zwischen diesen Zonen diskrepanter Formen liegen die breiten Gebiete kongruenter Formen der Landoberfläche.

Die Formen des Kataklimas der letzten Eiszeit aber lehnen sich wiederum an solche eines früheren Anaklimas an. In den Hochgebirgen der Erde folgten die eiszeitlichen Gletscher vorher existierenden Tälern, und die Uferlinien des großen Bonnevillesees sind nur Einkerbungen in den großen Bajadas am Fuße des Wahsatchgebirges. So dürfen wir auch vom Standpunkte der Morphologie die kataklimatische Epoche der letzten Eiszeit lediglich als eine vorübergehende Störung der Formenentwicklung der Erdoberfläche ansehen. Es gibt nicht bloß Diskrepanzen von Klima und Formen, sondern auch solche zwischen den Formen der Landoberfläche. Die Skulpturformen der Landoberfläche aber werden sowohl durch Zerstörungsvorgänge als auch durch Ablagerung von Material gebildet. Wir können daher auch kongruente und diskrepante Schichtfolgen unterscheiden, jene als Produkte stabilen, diese als solche wechselnden Klimas. Wie aber die geologische Schichtfolge bekanntlich stets lückenhaft ist, so kann es auch die morphologische Formenfolge sein. Es können die Formen eines letzten Kataklimas bescheiden zurückstehen gegen die eines früheren lange anhaltenden Anaklimas und sich deswegen der Beobachtung entziehen. Dann meint man, eine kongruente Folge von Formen vor sich zu haben und sieht die Diskrepanz nicht. Wie lange hat man doch die Eingriffe der Eiszeit in die Geschichte der Alpentäler übersehen können! Es ist daher leicht denkbar, daß der Beobachter anfänglich

nur kongruente Formen dort würdigt, wo in Wirklichkeit diskrepante vorhanden sind, oder auch, daß er die letzte Diskrepanz in entgegengesetzter Richtung mutmaßt, als sie wirklich vorliegt. Nehmen wir an, daß sich an der Grenze humider Gebiete eine aride Periode geltend gemacht habe, nach deren Schwinden wieder humide Umstände gerade beginnen, die noch nicht zu ansehnlichen Wirkungen geführt haben, so kann es sein, daß die Diskrepanz der ariden Formen über den älteren humiden viel auffälliger ist als die der jungen humiden über den ariden. Dann kann man leicht aus den Formen einen falschen Schluß auf den letzten Klimawechsel ziehen. Nicht unmöglich ist es, daß die verschiedene Interpretierung über den Klimawechsel besonders an der tropischen Trockengrenze sich darauf zurückführt, daß die verschiedenen Autoren nicht denselben, sondern verschiedenalterige Klimawechsel ins Auge fassen.

Zu dieser Bemerkung veranlaßt uns namentlich folgende Tatsache. Es wird von einigen der sich jetzt füllenden Seen an der äquatorialen Trockengrenze berichtet, daß sie Überreste ehemals größerer Seen seien. Nach Felix und Lenk[1] war während der Diluvialzeit an Stelle der heutigen kleinen Seen des Tales von Mexiko ein zusammenhängender großer Süßwassersee vorhanden. Steinmann teilt mit, daß der Lago Poopó von zwei Uferlinien umrandet ist: er war nach ihm einst viel größer und bildete einen großen Lago Minchin, welcher im Süden mit einem großen Lago Reck zusammenhing, dessen Überrest uns jetzt im Salzsumpf von Uyuni vorliegt. Der ausgezeichnete deutsche Geologe trägt kein Bedenken, den See Minchin-Reck als Gebilde der Eiszeit aufzufassen und seine Sedimente als limnoglazial zu bezeichnen. Er ist hierin geleitet offenbar von der Analogie mit der Bonnevilleterrasse. Aber während im letzteren Falle der Beweis der Gleichaltrigkeit der Seeterrasse mit den alten Moränen geführt worden ist, ist solches in Südamerika meines Wissens bisher noch nicht gelungen, und es steht meines Erachtens nichts im Wege, jene Seen in die letzte Anaklimazeit, der letzten Interglazialzeit entsprechend, zu verweisen. Aus gleichem Grunde finden wir keinen Widerspruch zwischen der Auslegung der Zone südlich vom Tschadsee durch Freydenberg als alten Seeboden und unserer Ansicht. Ein viel größerer Tschadsee als heute kann sich in der letzten Anaklimazeit erstreckt haben, und man könnte geneigt sein, in der Wasserverbindung des Tuburisumpfes durch den Mao Kebbi zum Binuë den Überrest des Ausflusses dieses alten Sees zum Meere hin zu erblicken. Sollten die Wasserverbindungen, die zeitweiligzwischen Cunene und Etoschapfanne einsetzen, nicht gleich-

[1] Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko. I. 1890. S. 65.

falls einen Ausfluß eines alten größeren Etoschasees anzeigen, welcher vor der letzten kataklimatischen Episode existierte?

Wir mutmaßen also, daß die Seen an der äquatorialen Trockengrenze nicht die unmittelbaren Überreste jener großen Seen sind, deren Spuren rings um sie herum auftreten, sondern daß sich zwischen die Existenz beider eine aride Zeit einschaltet, während der die Seen verschwunden und ihre Becken leere Hohlformen waren. Wir stützen uns dabei auf die Tatsache, daß die heutigen Seen nach ihrem geringen Salzgehalte nicht alt, sondern eben in Füllung begriffen sind. Trifft unsere Hypothese zu, so sind die alten großen Seen an der äquatorialen Trockengrenze nicht gleichzeitig mit den großen Seen an der polaren Trockengrenze gewesen, deren Überreste heute im Großen Salzsee und im Toten Meere vorliegen; sie würden nicht in die letzte Glazialzeit, sondern in die letzte Interglazialzeit gehören. Wir würden also aus gleichen Ursachen, weil die geschlossenen Hohlformen des ariden Gebietes in humides Klima rückten, zu verschiedenen Zeiten am Saume der ariden Zonen große Seen haben; während einer kataklimatischen Zeit an der Polargrenze, während einer anaklimatischen Zeit an der Äquatorialgrenze. Letzteres tritt eben jetzt ein: es füllen sich hier die großen Hohlformen, aber noch fließen nicht alle über, was einige, wie es scheint, während der letzten anaklimatischen Zeit getan haben.

Geologische Untersuchungen in den an die Schneegrenze anstoßenden humiden Gebieten haben einen wiederholten Wechsel von Glazialzeiten und Interglazialzeiten kennen gelehrt. Wir dürfen daher auch gewärtigen, an den Trockengrenzen einen wiederholten Wechsel von humiden und ariden oder von ariden und humiden Zuständen anzutreffen. Am Großen Salzsee hat das Meisterauge Gilberts bereits zwei humide Unterbrechungen des dortigen ariden Klimas feststellen können. Vielleicht gelingt ein entsprechender Nachweis auch an der äquatorialen Trockengrenze und macht uns hier mit wiederholten Unterbrechungen des angrenzenden humiden Klimas durch aride Zeiten bekannt. Wir widersprechen also nicht denjenigen, welche auch hier frühere humide Zeiten, wahre Pluvialepochen annehmen. Wir bezweifeln lediglich, daß die humiden Epochen, deren Spuren an der polaren und äquatorialen Trockengrenze erkennbar sind, gleichzeitig existierten.

Hiermit streifen wir die Frage, inwieweit überhaupt eine Gleichzeitigkeit oder Ungleichzeitigkeit von Vorgängen nachweisbar ist, deren Äußerungen sich an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche finden. Den absoluten Beweis für den Synchronismus von Erscheinungen in der Erdgeschichte kann die Geologie nicht erbringen, und für diejenigen, die einen solchen Beweis verlangen, wird selbst die Frage

offen bleiben müssen, ob die eiszeitliche Vergletscherung benachbarter Gebirge gleichzeitig war oder nicht. Wer aber mit den gewiß unzulänglichen Hilfsmitteln der geologischen Chronologie zu arbeiten versteht, wird den Eindruck teilen, daß die letzte Eiszeit die verschiedenen Teile der Erde gleichzeitig betroffen hat; denn in gleicher Frische stehen die von der letzten Vergletscherung gebildeten Formen vor uns, ob wir uns nun in Europa oder Nordamerika, in Südamerika oder Australien befinden. Überall ist die Diskrepanz zwischen Klima und Formen gleich auffällig. Ebenso groß ist aber auch die Diskrepanz zwischen heutigem Klima und den Uferlinien des alten Bonnevillesees im Großen Becken Nordamerikas. Morphologisch sind in allen diesen Fällen die diskrepanten Formen gleich alt. Anders verhält es sich mit den Formen einer Pluvialzeit an der äquatorialen Trockengrenze. Nur Steinmann berichtet hier von alten, deutlich wahrnehmbaren Uferlinien; weder aus dem Tale von Mexiko noch im Tschadsee-Bolsone wird uns von solchen berichtet. Wir möchten daher glauben, daß die Seen, deren frühere Existenz dort durch Ablagerungen verraten wird, älter sind als der alte Bonnevillesee, älter sind als die letzte kataklimatische Episode der Eiszeit.

Der Überblick über die Skulpturformen der Landoberfläche und ihre Trennung in kongruente und diskrepante Formen wirft Licht auf die Art und den Umfang jener kataklimatischen Erscheinung, die wir gewöhnlich als Eiszeit bezeichnen. Sie ist die Teilerscheinung einer Episode, während welcher das humide Tropengebiet eingeengt, die beiderseitigen ariden Zonen hingegen äquatorwärts gerückt und das nivale Klima viel ausgedehnter war als heute. Hat man nur die Annäherung der Roßbreiten und der Passatgürtel an den Äquator im Auge, so würde sich das eiszeitliche Kataklima durch Annahme einer geringeren Schiefe der Ekliptik erklären lassen können. Aber der Umstand, daß in den äquatorialen Gebieten die Schneegrenze erheblich tiefer lag als gegenwärtig, leitet zu einer anderen Vorstellung. Ihre Herabrückung kann nicht als Folge geänderter Achsenstellung des Erdballs gedeutet werden: die Universalität ihres Auftretens erscheint uns vielmehr als eine Wirkung einer Temperaturerniedrigung der Erde. Auf eine Minderung in der Wärmezufuhr der Erde kann aber auch der geringere Abstand der beiden Passatzonen zurückgeführt werden, welcher nach dem Dargelegten für die Eiszeit anzunehmen ist.

Die Musterung der Formen des Landes lenkt den Blick auf das große erdgeschichtliche Ereignis der Eiszeit, und indem wir diese als eine kataklimatische Erscheinung zu deuten versuchen, wird uns deren Wesen verständlicher. Um aber zu gesicherter Erkenntnis gelangen zu können, erscheint es notwendig, speziell die Art der Klimaänderung

an den äquatorialen Trockengrenzen noch weiteren Untersuchungen zu unterwerfen, um mancherlei Widersprüche, die heute noch zwischen den Ergebnissen verschiedener Beobachter bestehen, zu beseitigen. Darin aber besteht der große Wert der Hypothese im Bereiche der Geographie, daß sie den Blick lenkt sowohl auf Fragen als auch auf Gebiete, die noch nicht genügend untersucht sind.

Hierauf berichtete der vorsitzende Sekretar über die seit dem Friedrichs-Tage 1912 (24. Januar) bis heute unter den Mitgliedern der Akademie eingetretenen Personalveränderungen folgendermaßen:

Die Akademie verlor durch den Tod das ordentliche Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Hermann Munk; das Ehrenmitglied Rochus Freiherrn von Liliencron in Coblenz; die correspondirenden Mitglieder der physikalisch-mathematischen Classe August Toepler in Dresden, Eduard Strasburger in Bonn, Ferdinand Zirkel in Bonn, Henri Poincaré in Paris, Lewis Boss in Albany, N. Y., Sir George Howard Darwin in Cambridge, England und Paul Gordan in Erlangen und die correspondirenden Mitglieder der philosophisch-historischen Classe Heinrich Nissen in Bonn, Gabriel Monod in Versailles, Henry Sweet in Oxford, Theodor Gomperz in Wien, Karl Justi in Bonn und Julius Euting in Strassburg.

Das ordentliche Mitglied der philosophisch-historischen Classe Heinrich Wölfflin verlegte seinen Wohnsitz nach München und trat damit in die Reihe der Ehrenmitglieder über.

Neu gewählt wurden zu ordentlichen Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Classe Karl Schwarzschild und Ernst Beckmann; zu ordentlichen Mitgliedern der philosophisch-historischen Classe Eduard Norden und Karl Schuchhardt; zum auswärtigen Mitglied der philosophisch-historischen Classe Hugo Schuchardt in Graz; zu correspondirenden Mitgliedern der physikalisch-mathematischen Classe Emil Wiechert in Göttingen, Hugo de Vries in Amsterdam, Karl von Goebel in München und Hermann von Vöchting in Tübingen und zu correspondirenden Mitgliedern der philosophisch-historischen Classe Harry Bresslau in Strassburg, Edward Schröder in Göttingen und Ernst Troeltsch in Heidelberg. —

Mein Personalbericht über das verflossene Jahr würde nicht vollständig sein, wenn ich hier nicht auch noch eines Ereignisses gedächte, welches in der Geschichte der Akademie vermutlich einen besonderen Abschnitt begrenzen wird: es ist der am 1. Juli v. J. er-

folgte Rücktritt des Hrn. von Auwers aus dem Amte eines beständigen Sekretars. Volle vierunddreißig Jahre hindurch — eine Amtsdauer, die bisher unter allen Sekretaren der Akademie nur von Encke erreicht wurde — hat Hr. von Auwers die Geschäfte der Akademie geleitet, und hat in dieser Stellung durch seine gewissenhafte, durch besonderen Sinn für Ordnung und Gesetzlichkeit ausgezeichnete Art der Amtsführung, in späteren Jahren außerdem durch seine reiche Erfahrung und überragende Geschäftskenntnis sich eine Autorität in allen Fragen der Verwaltung erworben, wie sie in neuerer Zeit wohl selten einem Mitglied der Akademie von seinen Kollegen gezollt worden ist. Ihrer Anerkennung und ihrem Dank auch vor der Öffentlichkeit Ausdruck zu geben ist für die Akademie wohl kein Tag geeigneter als der heutige. Wenn sich in das jetzt durch seinen Rücktritt hervorgerufene Bedauern ein Gefühl der Befriedigung mischt, so liegt dasselbe in dem Gedanken, daß er, wie sich bereits in Wort und Tat gezeigt hat, auch fernerhin gewillt ist, den Angelegenheiten der Akademie sein volles Interesse zuzuwenden.

Der letzte Punkt der Tagesordnung betraf die Helmholtz-Stiftung, und zwar die Verleihung der Medaille und der Prämie.

Nach einigen einleitenden Bemerkungen verkündigte der vorsitzende Sekretar, daß die Akademie beschlossen hat, die Helmholtz-Medaille für dieses Jahr ihrem Mitgliede Hrn. Simon Schwendener zu verleihen, und überreichte hierauf die Medaille Hrn. Schwendener mit folgenden Worten:

Es ist mir eine hohe Ehre und Freude, Ihnen, hochverehrter Herr Kollege, im Namen und Auftrag der Akademie diese Medaille zu überreichen. Betrachten Sie dieselbe als ein Zeichen der Wertschätzung, welche die Akademie Ihrem Lebenswerk: Ihren bahnbrechenden und unvergänglichen Leistungen auf dem weiten Gebiete der Pflanzenphysiologie, entgegenbringt. Mögen Sie Sich — das ist der herzliche Wunsch aller Ihrer Kollegen — noch lange Jahre ihres Besitzes erfreuen, in derselben geistigen und körperlichen Rüstigkeit, welche Sie jetzt immer noch befähigt, in Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit der Erfüllung Ihrer akademischen Pflichten uns Jüngeren als Muster voranzuleuchten; und mögen Sie beim Anblick dieser edlen Züge gern auch des Stifters gedenken, dessen ehrfurchterweckende Persönlichkeit Ihnen, wie den meisten von uns, ja noch in frischer Erinnerung fortlebt.

Hr. Schwendener antwortete hierauf:

Hochverehrter Herr Sekretar! Ich danke der Akademie von Herzen für die ehrenvolle Auszeichnung, die sie mir durch Verleihung der Helmholtz-Medaille zuerkannt hat. Meine verehrten Kollegen haben mir dadurch in überaus wohlwollender Anerkennung meiner wissenschaftlichen Tätigkeit eine ungeahnte Überraschung und zugleich eine hohe Genugtuung bereitet, die im Gemüte wohltuend fortwirkt. Ich freue mich, daß Sie, hochverehrter Herr Sekretar, mir Gelegenheit gaben, meinen aufrichtigen, tiefgefühlten Dank für diese Ehrung hier öffentlich abzustatten.

Damit verbinde ich zugleich die Versicherung, daß ich dem Stifter der Medaille, unserem unvergeßlichen Hermann von Helmholtz, dessen überragende Persönlichkeit mir und vielen von uns vor dem geistigen Auge noch fortlebt, stets ein treues Gedenken bewahren werde, wie ich es schon bisher, seit seinem Hingange bewahrt habe.

Schließlich wurde noch die Verleihung der Helmholtz-Prämie verkündet.

Bei jeder zweiten Verleihung der Medaille kann dem Verfasser einer ausgezeichneten Arbeit auf mathematisch-naturwissenschaftlichem oder erkenntnistheoretischem Gebiete eine zunächst auf 1800 Mark festgesetzte Prämie gewährt werden. Von dieser Befugnis hat die Akademie bisher, seit dem Bestehen der Helmholtz-Stiftung, noch niemals Gebrauch gemacht. In diesem Jahre aber hat sie beschlossen, die Prämie zu vergeben, und zwar an den ordentlichen Professor der Physiologie an der Universität Halle: Hrn. Dr. Emil Abderhalden, für seine Untersuchungen über die Zusammensetzung und physiologische Verwertung verschiedener Eiweißstoffe.

An den vorstehenden Bericht über den Verlauf der Festsitzung werden die vorgeschriebenen Berichte über die Tätigkeit der Akademie und der bei ihr bestehenden Stiftungen angefügt:

Sammlung der griechischen Inschriften.

Bericht des Hrn. von Wilamowitz-Moellendorff.

Das Jahr hat ein bedeutendes Ereignis gebracht: das erste Heft der Inschriften von Delos ist erschienen, welche die Pariser Akademie im Rahmen unserer Sammlung als Band XI herausgibt. Der Vorsitzende

der Pariser Epigraphischen Kommission, Hr. Foucart, seit 1884 Korrespondent unserer Akademie, hat seiner vollen Befriedigung lebhaften Ausdruck gegeben, als er das Heft seiner Akademie vorlegte, und diese hat dem Herausgeber, Hrn. F. Dürrbach in Toulouse, ihre besondere Anerkennung ausgesprochen. Zu unserer Freude sind auch die Leistungen der Reichsdruckerei besonders hervorgehoben (Comptes rendus de l'académie des inscriptions 1912, S. 339). Mit derselben Genugtuung hat unsere Akademie das Werk begrüßt. Wir aber können hinzufügen, daß unsere Pariser Kollegen, Hr. Foucart und Hr. Haussoullier, auch dieser unser Korrespondent, uns die Beihilfe ihrer Sachkunde und ihres Scharfsinnes auch für andere Teile unserer Sammlung gönnen: dies freundschaftliche Zusammenarbeiten betrachten wir als den edelsten Gewinn.

Der rasche Fortgang des delischen Bandes ist gesichert; schon ist ein neues Heft im Druck, das namentlich die Psephismen des delischen Freistaates bringen wird, bearbeitet durch Hrn. F. Roussel in Nancy.

Zwei andere Bände werden in den nächsten Monaten erscheinen, V 1, Lakonien und Messenien, bearbeitet von Hrn. Prof. W. Kolbe in Rostock, und V 2, Arkadien, bearbeitet durch Freiherrn Hiller von Gaertringen. Die neue kleinere Ausgabe der attischen nacheuklidischen Inschriften, deren erster Band die Psephismen umfaßt, ist von Hrn. Prof. Kirchner bis gegen das Ende des vierten Jahrhunderts geführt. Auch der Druck von XII 8, Euboia, bearbeitet durch Hrn. Prof. Ziebarth in Hamburg, hat begonnen. So sind die Kräfte der Leiter, insbesondere des wissenschaftlichen Beamten, der jeden Bogen liest und jeden zweifelhaften Abklatsch kontrolliert, bis auf das äußerste angespannt, und auch der Druckerei kann kaum zugemutet werden, so viele Werke nebeneinander rasch zu fördern.

Die Sammlung der kyprischen Inschriften, die von der Leipziger Gesellschaft der Wissenschaften im Verein mit unserer Akademie unternommen ist, hat durch den beklagenswerten frühen Tod des Bearbeiters, Prof. Richard Meister, eine Unterbrechung erfahren; allein wir dürfen hoffen, daß das Werk so zu Ende geführt wird, wie es die Wissenschaft und die Pietät gegen den unermüdlichen Forscher gleichermaßen fordern.

Hr. Prof. Stählin in Nürnberg hat auf einer Studienreise in Thessalien für unser Archiv eine beträchtliche Anzahl wertvoller Abklatsche gesammelt. Ebenso ist Hr. Romaeos, Ephoros der griechischen Regierung, für die Nachträge zu IX 1 im Westen von Nordgriechenland tätig gewesen.

Sammlung der lateinischen Inschriften.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Die Drucklegung des Auktariums zu Band VI (Rom) hat Hr. Bang im vergangenen Jahre begonnen und bis zu Bogen 473 geführt. Der Druck der Namenindizes wird in diesem Jahre in Angriff genommen werden; auch die Ausarbeitung der Sachindizes soll, wenn möglich, in diesem Jahre begonnen werden.

Hr. Bormann hat auch im vergangenen Jahre auf wiederholten Reisen in Italien das monumentale und handschriftliche Material für Mittelitalien (Band XI) ergänzt und die Nachträge zu Etrurien teilweise zur Drucklegung gebracht.

Die Nachträge zu Aquitanien und der Lugdunensis (Band XIII) hat Hr. Hirschfeld zum Satz gebracht; die Nachträge zur Belgica werden, zugleich mit den von Hrn. Finke in Heidelberg ausgearbeiteten Nachträgen zu Germanien, sich daran anschließen. — Hr. Bohn hat die Nachträge zum gallisch-germanischen Instrumentum soweit gefördert, daß im wesentlichen nur noch die Terra-sigillata-Stempel germanischer Herkunft der abschließenden Bearbeitung bedürfen. — Die Sammlung der Ziegel von Niedergermanien gedenkt Hr. Steiner in Trier bis zu Ende dieses Jahres abzuschließen und dann die Bearbeitung der Legions- und Kohortenziegel von Obergermanien in Angriff zu nehmen. — Hr. Szlatolawek ist mit der Fertigstellung des Sachindex noch beschäftigt. — Die Karten von Gallien und Germanien sowie die des dort gefundenen Instrumentum sind, wie Hr. Kretschmer berichtet, im Stich bis auf die aus den Ziegeln und den Additamenta sich ergebenden Nachträge fertiggestellt.

Für die Fortführung der Bearbeitung von Band XV (Instrumentum domesticum) hat Hr. Dressel, durch dienstliche Obliegenheiten ganz in Anspruch genommen, im verflossenen Jahre nicht tätig sein können.

Die Neubearbeitung von Band I, 2 hat Hr. Lommatzsch (München) bis Bogen 87 gefördert; der Druck der Texte wird in Kürze beendet sein. Die Indizes befinden sich in Bearbeitung. — Von den in diesen Band gehörigen Münzlegenden hat Hr. Generalleutnant Dr. Bahrfeldt (jetzt in Allenstein) eine dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechende Neubearbeitung zur Verfügung gestellt.

Das von Hrn. Dessau in Gemeinschaft mit Hrn. Cagnat bearbeitete Auktarium zu Band VIII (Afrika) ist bis zu Bogen 200 vorgeschritten, womit der Druck der Inschriften Tunesiens vollendet ist und der der Inschriften Algeriens begonnen hat. Das Material für diesen Teil des

Bandes liegt dank der freundschaftlichen Unterstützung des Hrn. Gsell ziemlich vollständig und geordnet vor.

Das Supplement des Hrn. Haverfield (Oxford) zu Band VII (Britannia) in dem 9. Band der Ephemeris epigraphica ist abgeschlossen und wird in allernächster Zeit zur Ausgabe gelangen.

Prosopographie der römischen Kaiserzeit.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Der Druck der Magistratslisten hat auch in dem vergangenen Jahr noch nicht in Angriff genommen werden können.

Index rei militaris imperii Romani.

Bericht des Hrn. Hirschfeld.

Auch in dem vergangenen Jahr ist Hr. Ritterling infolge starker dienstlicher Inanspruchnahme verhindert gewesen, die Arbeit in nennenswerter Weise zu fördern.

Politische Korrespondenz Friedrichs des Grossen.

Bericht der HH. von Schmoller und Koser.

Der im vorjährigen Bericht bereits angekündigte und nach seinem Hauptinhalt gekennzeichnete 35. Band, der bis Ende August 1774 führt, ist im Frühjahr 1912 erschienen. Von dem 36. Bande liegt das Manuskript in der Bearbeitung des Hrn. Prof. Dr. Volz zum größten Teile druckfertig vor.

Auch in diesem Bande nehmen die Verhandlungen über die Regelung des Grenzzuges der preußischen und der österreichischen Erwerbung in Polen noch einen großen Raum ein. Während im östlichen Europa das überraschende Nachspiel des durch den Frieden von Kutschuk-Kainardsche beendeten Russisch-Türkischen Krieges, die Besetzung der Bukowina durch Österreich, die Aufmerksamkeit der Mächte vorzugsweise auf sich zog, erhielt die politische Lage im Westen ihre Signatur durch den Ausbruch des Nordamerikanischen Freiheitskrieges und durch die damit zusammenhängende erneute Verschärfung des Gegensatzes zwischen England und Frankreich.

Griechische Münzwerke.

Bericht des Hrn. Conze.

Für das nordgriechische Münzwerk, Band I, hat Hr. Regling die Nachträge geordnet und gesichtet, auch begonnen, sie für die ersten beiden Abteilungen (Dakien und Obermösien) zu redigieren,

wobei namentlich der von ihm im Jahre 1911 in Sarajewo aufgenommene Fund von Sikirić in Betracht kommt.

Von Band II (Thrakien) der HH. Münzer und Strack ist Heft 1 des ersten Teiles, wie im vorigen Jahresberichte in Aussicht gestellt werden konnte, im Januar 1912 ausgegeben worden. Die Auszüge aus der laufenden Literatur für Band II und III hat Hr. Regling weiter überwacht oder ausgeführt.

Vom kleinasiatischen Münzwerke ist Mysien, 1. Faszikel, durch Hrn. von Fritze im Druck so weit gefördert, daß Bogen 1—5 fertig vorliegen, Bogen 6—11 umgebrochen sich in erster Revision befinden, Bogen 12—14 in der Fahnenkorrektur erledigt sind. — Die chronologische Vorarbeit über die Elektronmünzen von Kyzikos hat Hr. von Fritze im Oktober 1912 im »Nomisma VII« erscheinen lassen.

Die Bearbeitung des Bandes Karien durch Hrn. Kubitschek hat leider weitere Verzögerung erlitten.

Acta Borussica.

Bericht der HH. von Schmoller, Koser und Hintze.

Im Jahre 1912 ist im Januar der Band Handels-, Zoll- und Akzisepolitik Brandenburg-Preußens bis 1713 von Dr. Rachel und Ende Mai der Band Behördenorganisation V, 2. Hälfte 1735—1740 von Dr. W. Stolze ausgegeben worden. Der letztere ist damit aus der Reihe unserer Mitarbeiter ausgeschieden; wir verdanken ihm die Bearbeitung der Behördenorganisation von 1723—1740 in vier umfangreichen Bänden, die 1908—1912 erschienen sind.

Prof. Dr. Freiherr von Schrötter wird, nachdem er 1911 schon das Heft der Münzbeschreibung bis 1806 fertiggestellt hat, in wenigen Monatenden Münzgeschichtlichen Teil, die Zeit von 1766—1806 umfassend, abschließen, so daß er gedruckt werden kann. Wenn er dann ebenfalls aus der Reihe der Mitarbeiter der Acta Borussica ausscheidet, so bleibt er doch insofern in Verbindung mit der Akademie, als ihm die akademische Jubiläumskommission die preußische Münz- und Geldgeschichte von 1806—1857 aufgetragen hat.

Dr. Rachel hat die Ausarbeitung der brandenburgisch-preußischen Handels-, Zoll- und Akzisepolitik von 1713—1740 im Laufe des Jahres 1912 so gefördert, daß er hofft, gegen Ende 1913 das Manuskript der akademischen Kommission vorlegen zu können.

Dr. Skalweit berichtet, daß er mit dem dritten Bande der Getreidehandels- und Magazinpolitik, welcher die Jahre 1756—1786 umfaßt, was die Darstellung betrifft, dem Abschluß nahe sei; dagegen sei das Aktenmaterial erst zur guten Hälfte druckfertig, und der preis-

statistische Teil, der außerordentlich umfangreiche Kleinarbeit fordere, sei noch im Stadium der Materialsammlung.

Dr. Reimann ist im August 1912 in die Reihe der Mitarbeiter eingetreten; er wird die Geschichte der brandenburgisch-preußischen Wollindustrie im 18. Jahrhundert bearbeiten. Es konnten ihm große Vorarbeiten von von Schmoller, Lohmann, von Schrötter und Bracht übergeben werden, in die er sich zunächst einzuarbeiten und die er dann zu ergänzen haben wird.

Kant-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Erdmann.

Die Abteilung der Werke ist, nachdem Bd. VIII im Herbst des vorigen Jahres ausgegeben ist, bis auf den Schlußband fertiggestellt. Dieser Schlußband konnte noch nicht druckfertig gemacht werden; aber es ist zu erwarten, daß er noch im Laufe dieses Jahres veröffentlicht werden kann.

Von dem Neudruck dieser Abteilung ist im letzten Jahre Bd. II erschienen, so daß die ersten vier Bände vorliegen. Band V ist im Druck.

Mit der Drucklegung des letzten Briefwechselbandes, des XIII. der Gesamtausgabe, wird voraussichtlich in diesem Jahre begonnen werden können.

Der zweite Band des handschriftlichen Nachlasses, Bd. XV der Gesamtausgabe, hat einen nicht vorhergesehenen Umfang angenommen, obgleich bei den Anmerkungen die Ausdehnung, die der erste Band dieser Abteilung aufweist, vermieden werden konnte. Er wird als Doppelband in diesem Frühjahr erscheinen. Die Vorbereitung des dritten Bandes soll sich unmittelbar anschließen.

Die vierte Abteilung, die Kants Vorlesungen umfassen soll, soweit die vorliegenden Nach- und Abschriften Wesentliches ergeben, ist in erster Vorbereitung.

Ibn Saad-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Sachau.

Von dem islamischen Geschichtswerk des Ibn Saad ist im Jahre 1912 der zehnte Band erschienen, der ausführlich über Muhammeds letzte Lebenszeit, seine Krankheit und seinen Tod, über die nächstfolgenden Ereignisse sowie über einige der bedeutendsten Persönlichkeiten seiner Umgebung und der folgenden Generation berichtet. Der Herausgeber ist Hr. Prof. Dr. Friedrich Schwally von der Universität Gießen, dem für seine ausgezeichnete, selbstlose Arbeit der Dank der Akademie gebührt.

Die beiden letzten Bände des arabischen Textes, I. II über Muhammed in Medina, bearbeitet von Hrn. Prof. Dr. E. Mittwoch, Berlin, und VII über die ältesten Muslime der Stadt Basra, bearbeitet von Hrn. Prof. Dr. B. Meissner, Breslau, befinden sich im Druck und dürften im Laufe des Jahres 1913 ausgegeben werden können.

Wörterbuch der ägyptischen Sprache.

Bericht des Hrn. Erman.

Die Ausarbeitung des Manuskriptes wurde von Hrn. Erman unter Mitwirkung des Hrn. Grapow fortgesetzt. Dabei wurde 𓅱 zu Ende geführt, 𓃀 ganz und 𓊪 nahezu ganz erledigt. Bis zum Ende des 𓃀 ergaben sich etwa 3866 Worte (𓄿 235, 𓇋 1344, 𓂝 833, 𓅱 969, 𓃀 485), die etwa 240000 Zetteln entsprechen und 2440 Seiten des provisorischen Manuskriptes einnehmen.

Für Mitteilung neuen wissenschaftlichen Materials sind wir den HH. Gardiner, Roeder und Wreszinski zu Dank verpflichtet.

Die Verzettelung erstreckte sich vor allem auf den Tempel von Philae (Hr. Junker). Außerdem wurden verzettelt: Hungersnotstele, Naos von El Arisch, Inschriften aus Hibis (Hr. Roeder) — verschiedene neuägyptische Papyrus aus London, Cambridge, Petersburg (Hr. Gardiner) — Berliner Ostraka (Hr. Gardiner) — die bilinguen Papyrus Rhind (Hr. Möller) — verschiedene Texte, meist Fortsetzungen früher schon verarbeiteter (HH. Gardiner, Hoffmann, Roeder, Wreszinski).

Die Zahl der verzettelten Stellen betrug 2261, die der alphabetisierten Zettel 20877. Im ganzen wurden bisher verzettelt 56401 Stellen und alphabetisiert 1186606 Zettel.

Nachdem in früheren Jahren die Eigennamen der Orte, Könige und Götter geordnet worden waren, ist in diesem Jahre von Hrn. Hoffmann auch der umfangreiche Bestand an Personennamen (etwa 40000 Zettel) geordnet worden, so daß nunmehr das gesamte Material der Eigennamen bequem zugänglich geworden ist.

Die Nebenarbeiten wurden von den HH. Hoffmann, Scharff, Wiesmann und Frl. Morgenstern erledigt.

Das Tierreich.

Bericht des Hrn. F. E. Schulze.

Aus dem Bureau des »Tierreich« schied Frl. Thiele nach 1½ jähriger Beschäftigung aus, an ihre Stelle trat im September Frau Dr. Kränsel. Dem Bureau gehören jetzt demnach an: Hr. Prof. Apstein (seit April

1911), Frl. Luther (seit Dezember 1901), Frl. Born (seit Mai 1911) und Frau Dr. Kränsel (seit September 1912).

In dem Berichtsjahre war es möglich, folgende Lieferungen erscheinen zu lassen. Lief. 30. *Evaniidae* (*Hymenoptera*) von Hrn. Prof. Dr. J. J. Kieffer (Bitsch) 450 Seiten und 76 Abbildungen, Lief. 31. *Ostracoda* (*Crustacea*) von Hrn. Prof. Dr. G. W. Müller (Greifswald) 467 Seiten und 92 Abbildungen, Lief. 32. *Desmomyaria* (*Tunicata*) von Hrn. Dr. J. E. W. Ihle (Utrecht) 78 Seiten und 68 Abbildungen. In diesem Falle gelang es, sämtliche Arten in guten Abbildungen wiederzugeben, was den Wert der Arbeit für die Bestimmung der Arten ganz bedeutend erhöht. Lief. 33. *Eublepharidae, Uroplatidae, Pygopodidae* (*Reptilia*) von Hrn. Prof. Dr. F. Werner (Wien) 43 Seiten und 6 Abbildungen, Lief. 34. *Amathusiidae* (*Lepidoptera*) von Hrn. H. Stichel (Berlin-Schöneberg) 243 Seiten und 42 Abbildungen.

Im Druck befinden sich 2 Lieferungen: Lief. 35. *Rhabdocoelida* (*Turbellaria*) von Hrn. Prof. Dr. L. von Graff (Graz) und Lief. 36. *Pteropoda* (*Mollusca*) von Hrn. Dr. J. J. Tesch (Helder).

Nomenclator animalium generum et subgenerum.

Bericht des Hrn. F. E. Schulze.

Auch im vergangenen Jahre bewies unsere Akademie dem Nomenclator ihr warmes Interesse durch eine außerordentliche Zuwendung von 12000 Mark. Es ist Aussicht vorhanden, daß ihr langgehegter Wunsch, einen wissenschaftlichen Beamten für das große Unternehmen zu erhalten, in Erfüllung geht. Wir hoffen, daß das vorgeordnete Ministerium auch künftig sein Wohlwollen dem Unternehmen bewahren wird.

Unser Plan, durch Herstellung eines authentischen, alphabetisch geordneten, Lexikons der Gattungs- und Untergattungsnamen in die zoologische und palaeontologische Nomenklatur Ordnung zu bringen, und der Plan, eine zentrale internationale Auskunftsstelle für die gesamte zoologische und palaeontologische Nomenklatur als dauernde Institution in Berlin zu begründen, fand freudige Zustimmung in einer gemeinsamen, an den Herrn Minister gerichteten Eingabe der hervorragendsten Palaeontologen nicht nur Preußens sondern ganz Deutschlands, in welcher um die Förderung des Unternehmens in dem von der Akademie gewünschten Sinne gebeten wurde. Als wertvolle Unterstützung kamen uns fortgesetzt die von der Gesellschaft naturforschender Freunde und dem Hrn. Prof. Dr. Ludwig Darmstädter in Berlin schon früher gewährten Mittel zugute. Wiederholt ward dem Unternehmen finanzielle Hülfe aus einem von ungenannter Seite kommenden

Fonds. Auch die Deutsche Zoologische Gesellschaft hat auf ihrer diesjährigen Tagung in Halle dem Nomenclator ihre warme Sympathie ausgedrückt.

Das Interesse der Zoologen und Palaeontologen des Auslandes, wie es sich immer wieder in der von außerdeutschen Gelehrten mit uns geführten Korrespondenz äußert, fand im vergangenen Jahre auch erfreulichen Ausdruck durch Bewilligung erheblicher finanzieller Beihülfen. So seitens der Linnean Society of London, von der noch weiterhin Beiträge zu erwarten sind, und von der British Association for the Advancement of Science. Die Bache-Stiftung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sagte durch gütige Vermittlung des zur Zeit an der Berliner Universität lehrenden Hrn. Prof. Ch. S. Minot von der Harward University eine größere Summe zur Honorierung unserer nordamerikanischen Mitarbeiter zu. Auch aus Schweden lief anonym von privater Seite ein Betrag ein. Das Ausland hat diese Summen zur Verfügung gestellt lediglich in Anerkennung des universellen Charakters unseres Unternehmens und im Vertrauen auf die Gründlichkeit deutscher Arbeit.

Alle diese Beweise für die Notwendigkeit und Durchführbarkeit unsers Nomenclator gaben uns im vergangenen Jahre endlich den Mut, mit der restlosen Durchführung unsers im Jahre zuvor ausgearbeiteten und zu einem kleinen Teile schon in Angriff genommenen Planes nunmehr unbedenklich Ernst zu machen. Wenn der vorjährige Bericht noch die lähmende Unsicherheit hervorheben mußte, die ein zielbewußtes Disponieren im Anwerben von Mitarbeitern unmöglich machte, konnte in diesem Jahre die Aufteilung des ganzen ungeheueren Stoffes endlich durchgeführt werden. Das gesamte Tierreich wurde mit Ausdehnung auf das Grenzgebiet zwischen Tierreich und Pflanzenreich unter dem doppelten Gesichtspunkte der Zoologie und Palaeontologie in über hundert natürlichen Gruppen des Systems entsprechende Arbeitsanteile zerlegt, und jeder derselben einem in seinem Spezialgebiete maßgebenden Zoologen, Palaeontologen oder Botaniker zur lückenlosen Katalogisierung der Gattungs- und Untergattungsnamen überwiesen. Damit ist nicht nur die Arbeit für den Nomenclator in zweckmäßiger Weise verteilt, sondern es ist auch zum ersten Male ein Bureau geschaffen, dem für alle Tiergruppen ohne Ausnahme kompetente Spezialisten des In- und Auslandes zur Seite stehen. Das Zusammenarbeiten aller dieser Kräfte in einer internationalen Auskunftsstelle für Nomenklatur ist damit gesichert. Beteiligt sind außer deutschen Gelehrten solche aus Österreich, Ungarn, Dänemark, Norwegen, Schweden, Rußland, England, Frankreich, Schweiz, Italien und den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Eine Übersicht über die Verteilung des gesamten Stoffes

nebst den Namen der für die einzelnen Gruppen gewonnenen Gelehrten wird demnächst im Druck erscheinen.

Um gegenüber der Vielköpfigkeit der Mitarbeiterschaft strenge Einheitlichkeit des entstehenden Lexikons auch der Form nach zu ermöglichen, gelangten von vornherein neben unseren »Anweisungen für die Bearbeiter« auch Listen über die anzuwendenden Zitatenkürzungen zum Versand. Bisher wurden dazu genommen die vier Kürzungslisten, wie sie das Schwesterunternehmen »Das Tierreich« für seine Zwecke hat drucken lassen, sowie die »List of the Abbreviations used in the Zoological Record«. Die vorschriftsmäßigen Kürzungen waren also in fünf verschiedenen Verzeichnissen aufzusuchen. Um den Mitarbeitern das Nachschlagen zu vereinfachen, haben wir diese Listen jetzt zu einem einzigen alphabetisch angeordneten Verzeichnis vereinigt. Der Druck und Versand dieser neuen Liste der anzuwendenden Kürzungen ist bereits bewerkstelligt.

Zu den schon im Vorjahre als fertig eingelieferten Manuskripten kamen in diesem Jahre hinzu: die rezenten und fossilen *Scyphozoen* von Hrn. A. G. Mayer-Maplewood (New Jersey), die rezenten und fossilen *Chitonen* sowie die *Solenogastren* von Hrn. J. Thiele-Berlin, die *Ascidien* von Hrn. R. Hartmeyer-Berlin, die *Cestoden* von Hrn. H. H. Wundsch-Berlin, die rezenten und fossilen *Oligochaeten* von Hrn. W. Michaelsen-Hamburg, die *Onychophoren* von Hrn. R. Horst-Leiden, die *Tardigraden* von Hrn. F. Richters-Frankfurt a. M., die *Ricinuleen* von Hrn. W. Sörensen-Kopenhagen, die rezenten *Pseudoscorpione* von Hrn. E. Ellingsen-Kragerö (Norwegen), die rezenten *Scorpione*, *Pedipalpen*, *Palpigraden*, *Solifugen* von Hrn. K. Kraepelin-Hamburg, die rezenten *Embiiden* von Hrn. G. Enderlein-Stettin, die rezenten *Termiten* und *Mallophagen* von Hrn. Br. Harms-Berlin, die rezenten *Copeognathen* von Hrn. G. Enderlein-Stettin, die rezenten *Cocciden* von den HH. T. D. A. Cockerell und M. Ellis-Boulder (Colorado), die rezenten *Aphanipteren* von Hrn. G. Enderlein-Stettin, die rezenten *Nematoceren* excl. Cecidomyiden von Hrn. J. J. Kieffer-Bitsch, die rezenten *Ichneumoniden* von den HH. K. Pfankuch-Bremen u. O. Schmiedeknecht-Blankenburg (Thür.), die rezenten *Chalcididen* von Hrn. O. Schmiedeknecht, die rezenten *Apiden* excl. Megachilinen von Hrn. J. D. Alfken-Bremen, die rezenten *Tenebrioniden* von Hrn. H. Gebien-Hamburg, die rezenten *Buprestiden* von Hrn. Ch. Kerremans-Brüssel, die rezenten *Rutelinen* und *Euchirinen* von Hrn. Fr. Ohaus-Berlin, die rezenten *Passaliden* von Hrn. G. J. Arrow-London, die rezenten *Cicindeliden* von Hrn. W. Horn-Berlin. Da für die Honorierung der Mitarbeiter nach dem in meinem vorjährigen Berichte erwähnten Satze von 20 Mark für je hundert Namen die Anzahl der aufzunehmenden Gattungs- und Untergattungsnamen maßgebend ist,

läßt sich die hierfür erforderliche Gesamtsumme erst dann genau berechnen, wenn wir wissen, wie viele solcher Namen aus der für den Nomenclator in Betracht kommenden Periode vom 1. Januar 1758 bis zum 1. Januar 1910 existieren. Nachdem wir zunächst mit 150000, dann mit 200000 Namen gerechnet hatten, scheint diese letztere Zahl auch noch zu niedrig gegriffen zu sein. Um schon jetzt eine der Wirklichkeit möglichst nahekommende Schätzung des tatsächlichen Bestandes zu erhalten, ist gegenwärtig bei allen mitarbeitenden Spezialisten eine Umfrage darüber im Gange. Die Auszahlung der Honorare wird sich voraussichtlich ziemlich gleichmäßig auf die Jahre bis zur Fertigstellung des Lexikons verteilen. Außerdem steht uns eine größere Zahl schon ermittelter Namen zur Verfügung aus den bereits früher von dem verstorbenen Professor von Maehrenthal und neuerdings von unserm Nomenclatorbureau fertiggestellten Katalogen. Auch haben einige Mitarbeiter im Interesse des Werkes auf jedes Honorar verzichtet.

Unsere Umfrage über die Anzahl der existierenden Namen wird uns außer über die Honorarkosten auch über die bis zur definitiven Drucklegung des Nomenclator in Anschlag zu bringende Zeit informieren können. Aber nur bis zu einem gewissen Grade; denn der zu bearbeitende Stoff ist innerhalb der einzelnen Tiergruppen hinsichtlich der zu überwindenden Hemmnisse ein sehr ungleicher. Ganz besondere Schwierigkeiten bereiten viele Namen aus der Palaeontologie, die, obwohl ihrem Wesen nach anscheinend Gattungs- oder Untergattungsnamen, doch eine klare Bezeichnung als solche vermissen lassen und statt dessen mit unbestimmten Angaben wie »Gruppe«, »Abteilung«, »Sectio«, »Tribus« und dergleichen versehen sind. In solchen Fällen ist jedesmal eine Untersuchung nötig, ob überhaupt Namen vorliegen, die in unseren Nomenclator generum et subgenerum hineingehören. Palaeontologie und Zoologie bieten beide ein gehäuftes Maß nomenklatorischer Schwierigkeiten, die bei den Arbeiten für unser Werk fortgesetzt Anlaß werden zu zahlreichen Anfragen seitens der mitwirkenden Gelehrten bei der Schriftleitung. Da der Nomenclator persönliche Nachprüfung der ersten Veröffentlichung eines jeden Namens verlangt, laufen Ansuchen um Nachweisung schwer zu beschaffender Werke und Zeitschriftenbände in großer Zahl ein. Für viele Literaturzitate müssen zwischen Bearbeiter und Schriftleitung angemessene Kürzungen festgesetzt werden. Auch nach Einlieferung des Manuskriptes bleibt in der Regel noch manche Frage nachträglich zu klären und verlangt abermals einen Meinungsaustausch. Wenngleich sich vieles, soweit Berlin und Umgegend in Frage kommen, mündlich erledigen ließ, war die hierdurch entstehende Korrespondenz im vergangenen Jahre doch bereits recht umfangreich. Sie wurde aber bei weitem übertroffen durch

die zur Gewinnung der etwa 70 neu hinzugekommenen Mitarbeiter erforderliche. So belief sich die Zahl allein der ausgehenden Postsachen für die Zeit vom 1. Januar bis Ende Dezember auf 1373, worunter 659 Briefe, 52 Postkarten, 631 Drucksachen und 31 Pakete. Bei der notwendigen und oft schwierigen Beschaffung der einschlägigen Literaturwerke sind uns besonders die Nachweise des bei der Königlichen Bibliothek in Berlin eingerichteten Auskunftsbureaus der deutschen Bibliotheken von großem Werte. Als eine geradezu unentbehrliche Hülfe für das Unternehmen erweist sich die besonders an älteren Werken reiche Königliche Bibliothek in Berlin sowie die Spezialbibliotheken des Museums für Naturkunde. Großes Entgegenkommen bewiesen auch alle sonst in Betracht kommenden Bibliotheken Berliner Institute: außer den Bibliotheken unserer Universität und Akademie die der Geologischen Landesanstalt, des Instituts für Meereskunde, der Kaiser-Wilhelms-Akademie, der Tierärztlichen Hochschule und des Deutschen Entomologischen Museums. Von auswärtigen Instituten unterstützten uns die folgenden durch Herleihung seltener Werke: die Universitätsbibliotheken in Bonn, Göttingen, Greifswald, Kiel, Königsberg, Rostock, Straßburg, die Großherzogliche Hofbibliothek in Darmstadt, die Bibliothek der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde und des Bischöflichen Seminars zu Eichstätt, die Königlich Bayrische Hof- und Staatsbibliothek in München. Auch wissenschaftliche Gesellschaften und Vereine privaten Charakters stellten in zum Teil zahlreichen Fällen ihre Bibliotheken zur Verfügung, so der Berliner Entomologische Verein, die Deutsche Entomologische Gesellschaft, die Gesellschaft für Erdkunde, die Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte und die Linnean Society of London. In besonders schwierigen Fällen half uns auch unsre Verlagsfirma R. Friedländer & Söhne durch Herleihung aus ihren reichen Beständen.

Die Schriftleitung führte unter der Direktion des Herausgebers nach wie vor Hr. Dr. Th. Kuhlgatz. Ihm steht als bestens bewährte bibliographische Hülfsarbeiterin Frl. E. Rothenbücher zur Seite. Im übrigen waren im Bureau tätig die HH. Dr. W. Stendell, Dr. H. H. Wundsch, Dr. Br. Harms und cand. zool. G. Germershausen; als Hülfsarbeiterinnen Frl. M. Stendell, Frl. Fl. Rothenbücher und Frl. M. Pallavicini. Als freiwillige Hülfsarbeiterin unterstützte uns Frl. Ch. Schulze.

Die Haupttätigkeit der Schriftleitung besteht naturgemäß in der Redigierung der einlaufenden Manuskripte sowie in der ständigen Fortführung der nomenklatorischen und bibliographischen Zettelkataloge, die, ursprünglich von unserem verstorbenen Professor von Maehrenthal angelegt, schon jetzt ein unschätzbares Archiv bilden und die Grundlage der sich entwickelnden nomenklatorischen Zentrale.

Das Pflanzenreich.

Bericht des Hrn. Engler.

Das Pflanzenreich schreitet rüstig vorwärts. Im Jahre 1912 wurden 6 Hefte mit einem Gesamtinhalt von 99 Bogen ausgegeben. Während bei den in den gemäßigten Zonen vertretenen Familien ein gewisser Abschluß erreicht wird, ist ein solcher bei den vorherrschend tropischen Familien nicht zu erwarten, da die vielen neuerdings in die bisher weniger zugänglichen Länder unternommenen Expeditionen immer wieder neues Material ergeben, dessen vollständige Aufarbeitung voraussichtlich noch lange Zeit in Anspruch nehmen wird. Um so mehr ist anzustreben, daß die Formen, welche gegenwärtig bekannt sind, gesichtet werden.

Die 1912 erschienenen Hefte sind folgende:

Heft 52. F. Pax, *Euphorbiaceae-Gelonieae* und *Hippomaneae* 23 Bogen.
» 53. R. Knuth, *Geraniaceae* 40 Bogen.
» 54. K. Krause, *Goodeniaceae* und *Brunoniaceae* 13 Bogen.
» 55. A. Engler, *Araceae-Homalomeninae* und *Schismatoglottidinae* 9 Bogen.
» 56. Fr. Kränzlin, *Cannaceae* 5 Bogen.
» 57. F. Pax, *Euphorbiaceae-Acalypheae-Chrozophorinae* 9 Bogen.

Durch die Herausgabe von Heft 56 ist die natürliche Reihe der *Scitamineae* jetzt abgeschlossen; die zu dieser Reihe gehörigen *Musaceae*, *Zingiberaceae* und *Marantaceae* (Heft 1, 20, 11) wurden bereits früher bearbeitet.

Im Druck befinden sich zur Zeit:

H. Wolff, *Umbelliferae-Saniculoideae*. Der Druck ist bereits weit vorgeschritten, hat jedoch durch längere Abwesenheit des Verfassers von Berlin und größere Reisen desselben wiederholte Verzögerung erlitten.

A. Brand, *Hydrophyllaceae*.

G. Grüning, *Euphorbiaceae-Porantheroideae* und *Ricinocarpoideae*.

Auch liegt der zweite Teil der *Araceae-Philodendroideae*, welcher *Philodendron* (von Dr. Krause bearbeitet) enthält, druckfertig vor.

Geschichte des Fixsternhimmels.

Die Anzahl der im Jahre 1912 auf die Zettel übertragenen Sternörter beträgt 16618. Zum Auszug gelangten neu die Cataloge der Sternwarten Bordeaux für 1890 (6999 Sterne, eingetragen durch Hrn. Martens) und Nizza für 1900 (4214 Sterne, eingetragen durch

Dr. Paetsch), und weiter vollendete Dr. Paetsch den Auszug des Washington Zone Catalogue durch Eintrag der im Vorjahre übrig gebliebenen 5405 Nummern.

Zurückgestellt wurde früher der Lamont'sche Catalog für 1850 (Münchener Annalen Bd. 20), der die Oerter von 2112 in dem Zeitraum 1821—1868 am Münchener Meridiankreise ausserhalb der Zonen beobachteten Sternen enthält. Die Zurückstellung erfolgte in der Erwartung, dass es gelingen würde eine Neubearbeitung zu veranlassen, bei der der Lamont'sche Gesammtcatalog zweckmässig in drei Theile: Soldner 1825 (Beobachtungen 1821—1827), Lamont 1835 (Beobachtungen 1828—1840) und 1850 (Beobachtungen 1841—1868) zu zerlegen wäre. Diese Erwartung ist leider fehlgeschlagen, und um keine grössere Lücke zu lassen, muss nunmehr der Lamont'sche Catalog für 1850 noch nachgetragen werden. Die Arbeiten aber, die sich sogleich noch als nothwendig erwiesen, um den Catalog wenigstens für diesen Zweck gebrauchsfähig zu machen, haben einen ganz unerwartet grossen Umfang angenommen und Dr. Paetsch während des letzten Viertels des Berichtsjahres fast vollständig in Anspruch genommen, ohne bis jetzt zum Abschluss gelangt zu sein.

Die Berechnung der fehlenden Praecessionen, für 1875 und vielfach für eine zweite Epoche, wurde bis $20^h\,5^m$ fortgesetzt, für 4996 Sterne durch Hrn. Martens und für 1024 Sterne durch Hrn. Rosch, der Ende Juli aus dem Bureau ausschied und erst mit December durch Hrn. Heilmann ersetzt werden konnte. Die drei genannten Herren haben die allgemeine Reduction der Catalogörter für die Sterne nördlich vom Aequator bis $6^h 20^m$ fortgesetzt.

Die Revision der Nordzettel durch das geschäftsführende Mitglied der Commission wurde bis $21^h 24^m$ fortgeführt. Seine Hauptthätigkeit für die Zwecke des Unternehmens hat dieses Untersuchungen über die systematischen Fehler der A.G.-Cataloge zugewandt, zunächst einer Vergleichung des Küstner'schen Catalogs von 10663 Sternen für 1900 mit den einzelnen Stücken des A.G.-Catalogs, Zonen Nicolajew bis Cambridge U.S. Hierfür wurde die Hülfsleistung des Hrn. Martens in sehr umfangreichem Maasse in Anspruch genommen, indem dieser alle gesammelten Catalogörter der bei Küstner vorkommenden Sterne auf 1875 überträgt und diese Arbeit für die Sterne nördlich vom Aequator zwischen den Rectascensionen $6^h 20^m$ und $20^h\,5^m$ durchgeführt hat. Die dann folgende Ableitung angenäherter Eigenbewegungen, bezw. Prüfung der Sterne auf Merklichkeit von Eigenbewegung, und die Vergleichung der Cataloge ist für die ersten elf Stunden der RA. vollendet.

Der Berliner Catalog der 1855—1868 beobachteten Sterne ist abgeschlossen und befindet sich im Druck.

Von der Bearbeitung der Bradley'schen Beobachtungen an den Alten Meridianinstrumenten ist der Erste Band im Juni 1912 erschienen. Von dem Zweiten Bande, der von den Beobachtungen am Quadranten handelt, sind 27 Bogen gedruckt, die einzelnen beobachteten Rectascensionen vollständig, die in der Südlage beobachteten Zenithdistanzen bis RA. $12^h\ 7^m$. Die Umrechnung der Declinationsmittel für den Catalog ist erfolgt und das Manuscript des Dritten Bandes abgeschlossen. —

Von der Ausführung der im letzten Bericht erwähnten Absicht, die Liste der nur einmal in Catalogen vorkommenden Sterne in Druck zu geben, musste leider Abstand genommen werden, weil die bei dem Umfang der Liste unvermeidlich sehr beträchtlichen für die Drucklegung erforderlichen Mittel den Aufgaben der laufenden Arbeit nicht entzogen werden können. Falls eine Sternwarte sich wie die Königsberger bereit finden möchte die Neubeobachtung für eine Zone zu übernehmen, wird das Bureau ihr gerne einen handschriftlichen Auszug aus der Gesammtliste zur Verfügung stellen. —

Über die Personalverhältnisse des Bureaus ist noch zu bemerken, dass Hrn. Dr. Paetsch die seit dem 1. April 1911 commissarisch verwaltete Stelle des für das Unternehmen angestellten »Wissenschaftlichen Beamten der Akademie« mit dem 1. April 1912 endgültig übertragen wurde.

Kommission für die Herausgabe der „Gesammelten Schriften Wilhelm von Humboldts“.

Bericht des Hrn. Erich Schmidt.

Von Wilhelm von Humboldts Gesammelten Schriften ist 1912 in Leitzmanns Bearbeitung der durch buchhändlerische Stockungen verzögerte 9. Band erschienen. Er enthält die »Gedichte« seit etwa 1786 bis zu den von 1809 an immer reichlicheren Sonetten. Jetzt ist der 13. Band unter der Presse, der mit dem lange verschollenen, druckfertig ausgearbeiteten Reisewerk »Die Vasken« beginnt.

Interakademische Leibniz-Ausgabe.

Bericht des Hrn. Lenz.

Die Erwägungen und Verhandlungen über den Verlag und die äußere Ausstattung der interakademischen Leibniz-Ausgabe haben sich, bei der Folgenschwere jedes Beschlusses in diesen Fragen, so in die Länge gezogen, daß wir mit der Drucklegung des ersten Bandes noch nicht beginnen konnten. In einigen Wochen hoffen wir dazu in der Lage zu sein.

Hr. Dr. Paul Ritter hat im vergangenen Sommer die Bibliotheken und Archive Dänemarks und Schwedens besucht und dabei wieder erfahren, daß sich an Leibniz-Handschriften weit mehr erhalten hat, als wir nach den Ergebnissen unseres Aufrufes von 1902 vermuten konnten. Die Königlichen Bibliotheken von Kopenhagen und Stockholm, die Universitätsbibliotheken von Upsala und Lund, die Stiftsbibliothek von Linköping, die Reichsarchive von Kopenhagen und Stockholm: alle diese Stätten haben mehr oder minder die Durchmusterung gelohnt. Hier sei nur erwähnt, was die Königliche Bibliothek von Kopenhagen bewahrt: außer einigen Leibniz-Handschriften im engeren Sinne und zahlreichen Briefen an und über Leibniz allein 272 Briefe von Leibniz; davon sind rund 140 noch gar nicht, und auch die übrigen zum größten Teil nur in mangelhaften Auszügen veröffentlicht.

Corpus Medicorum Graecorum.

Bericht des Hrn. Diels.

Während des ganzen verflossenen Jahres ist an zwei Bänden der Hippokrateskommentare des Galenos zu gleicher Zeit gedruckt worden, an V 9, 1 und V 9, 2. Fertiggestellt sind von V 9, 1 bis jetzt 18 Bogen, Εἰς τὸ περὶ φύσεως ἀνθρώπου ed. J. Mewaldt (= Kühn XV 1—223) und Εἰς τὸ περὶ διαίτης ὀξέων ed. G. Helmreich (= K. XV 418—919), desgl. 11 Bogen von V 9, 2 Εἰς τὸ Προρρητικὸν α̅ ed. H. Diels (= K. XVI 489—840). Ein vollständiger Band konnte also noch nicht ausgegeben werden.

An druckfertigem neuem Manuskript wurde vorgelegt 1) Galenus Περὶ τῆς καθ' Ἱπποκράτην διαίτης ἐπὶ τῶν ὀξέων νοσημάτων ed. J. Westenberger für V 9, 1 (= K. XIX 182—221) und 2) Galenus Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτει κώματος ed. J. Mewaldt (= K. VII 643—665).

Inzwischen haben auch die anderen Mitarbeiter ihre Editionen nach Möglichkeit gefördert.

Hr. Prof. H. Schöne (Greifswald) hat für den Text von Galens Kommentaren zu Hippokrates Περὶ ἀγμῶν den cod. Paris. gr. 1849 verglichen. Die Vergleichung derselben Handschrift für die Kommentare zu Hippokrates Περὶ ἄρθρων ist begonnen und bisher bis zur Mitte des ersten Buches vorgeschritten.

Hr. Dr. J. Heeg (München) hat für den Kommentar zum Προγνωστικὸν im Oktober alle schwierigeren Partien der Vaticani 1063 und 1858 revidiert und die Edition soweit gefördert, daß in etwa 2 bis 3 Monaten mit dem Drucke des ersten Hypomnema begonnen werden kann. Gleichzeitig hat er die Bearbeitung des Aphorismenkommentars in Angriff genommen. Hierfür hat Hr. Prof. P. Boudreaux (Paris) Probe-

kollationen der in Betracht kommenden Parisini (außer Parisin. gr. 2266) angefertigt, Hr. Dr. Heeg selber im September und Oktober von den in Venedig, Pistoia, Florenz und Rom befindlichen Handschriften ebenfalls ausreichende Probekollationen angefertigt sowie von den wichtigeren Handschriften, Marcianus 278 und Palatinus 385 und in letzter Zeit auch von Parisinus 2266, umfangreichere Partien verglichen.

Hr. Dr. E. Wenkebach (Berlin-Charlottenburg) hat den Text von Galens 3 Kommentaren zu dem III. Buche der Epidemien des Hippokrates auf Grund zweier Handschriftenklassen konstituiert, deren eine durch Marc. App. cl. V 5, Monac. 231 und Parisin. 2174 und deren zweite durch Laur. 74, 25 vertreten wird; er ist nunmehr mit der Herstellung des Druckmanuskripts, das die Kommentare der Bücher I und III umfassen soll, beschäftigt.

Hr. Prof. K. Kalbfleisch (Marburg), der mit der Bearbeitung des Galenschen Kommentars zur Schrift Περὶ χυμῶν (XVI 1—488 K.) beschäftigt war, hat inzwischen festgestellt, daß das Werk eine Fälschung der Renaissance ist, die fast ganz aus den vorhandenen Schriften Galens ungeschickt zusammengestoppelt ist. Voraussichtlich wird daher eine vollständige Publikation dieses Machwerkes unterbleiben können.

Die Arbeiten an den Kommentaren zu Περὶ τροφῆς und am Soranos konnten infolge Überbürdung der Bearbeiter mit beruflichen Verpflichtungen nicht in der wünschenswerten Weise gefördert werden. Es kann jedoch im jetzt beginnenden Jahre ein schnellerer Fortschritt der Arbeiten in Aussicht gestellt werden. Dasselbe gilt von den Arbeiten an Galenos Περὶ δυσπνοίας und Περὶ ψυχῆς παθῶν καὶ ἁμαρτημάτων.

Hr. Dr. W. Rabehl (Berlin) ist mit den Vorarbeiten zur Herausgabe von Galenos Περὶ ὀστῶν, Περὶ φλεβῶν καὶ ἀρτηριῶν ἀνατομῆς, Περὶ νεύρων ἀνατομῆς, Περὶ ὀσφρήσεως ὀργάνου und Περὶ μυῶν ἀνατομῆς beschäftigt. Zu Περὶ ὀστῶν hat er alle Handschriften (die römischen besorgte Hr. Dr. A. Ritzenfeld) bis auf eine neapolitanische verglichen. Für die anderen Schriften sind bisher teils Proben genommen, teils sind auch sie schon ganz verglichen; zwei Pariser Handschriften (Parisin. gr. 2164 und 2219) konnten in Berlin benutzt werden; Marcian. App. class. V 4 besorgte Hr. Dr. Ritzenfeld; von der Handschrift in Grottaferrata Z Γ VI wurden Probephotographien angefertigt; die Beschaffung von Photographien des Laurent. arab. 235 ist in die Wege geleitet.

Von Hrn. Prof. J. L. Heiberg (Kopenhagen) ist über die Tätigkeit der Kgl. Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften nachfolgender Bericht gesandt worden:

»Hr. Rektor Dr. Hude kann erst im Laufe des Sommers 1913 an die Bearbeitung des in Italien für Aretaios gesammelten Materials herantreten.«

»Hr. Dr. Raeder hat die Arbeit am Text des Oribasios, besonders der kleineren Schriften, fortgesetzt.«

»Hr. Prof. Dr. Heiberg hat am I. Bande von Paulos Aiginetes weiter gearbeitet. Die Herstellung des Druckmanuskripts wird dadurch verzögert, daß der ganze Text abgeschrieben werden muß, weil keine für den Setzer brauchbare Ausgabe existiert; aber Mitte 1913 wird der Druck wahrscheinlich anfangen können.«

Hr. Prof. Al. Olivieri (Neapel) hat für Buch I—VIII des Aëtios die Handschriften von Florenz, ferner den Palat. 199, den Parisin. Suppl. 1240 und den Athous 719 Ω 64 verglichen und wird auch fernerhin noch mit der Kollation von Handschriften beschäftigt sein.

Hr. Prof. M. Wellmann (Potsdam) hat die Photographien der Aëtioshandschriften vom Athos geprüft und ihre Stellung in der Überlieferung festgestellt. Außerdem hat er begonnen, Buch XV des Aëtios nach einer der Athoshandschriften abzuschreiben, um für weitere Kollationsarbeiten die geeignete Unterlage zu gewinnen.

Hr. Dr. Viedebantt (Potsdam) war seit seiner Rückkehr aus Italien mit allgemein orientierenden metrologischen Vorarbeiten beschäftigt. Dieselben werden ihm die Grundlage bieten für die kritische Bearbeitung der metrologischen Texte wie auch für die Aufarbeitung der medizinischen Traktate Περὶ μέτρων καὶ σταθμῶν, die er im Frühjahr in Angriff zu nehmen hofft.

Schließlich sei erwähnt, daß die Herausgabe von Galenos Περὶ τῆς τῶν καθαιρόντων φαρμάκων δυνάμεως, Τίνας δεῖ ἐκκαθαίρειν καὶ ποίοις καθαρτηρίοις καὶ πότε und Τῷ ἐπιλήπτῳ παιδὶ ὑποθήκη Hrn. Prof. P. Boudreaux (Paris) und die von Galenos Πρὸς Γλαύκωνα θεραπευτικὰ Hrn. Dr. A. Ritzenfeld (Rom) übertragen worden ist, und daß beide Herren mit der Vergleichung der Handschriften an ihren Wohnsitzen beschäftigt sind.

Der autonomen Kommission der internationalen Assoziation der Akademien für das Corpus Medicorum gehören zur Zeit folgende Mitglieder an: Hr. Diels (Berlin, als Vorsitzender), Hr. Leo (Göttingen), Hr. Heiberg (Kopenhagen), Hr. Ilberg (Leipzig), Hr. Bywater (London), Hr. Crusius (München), Hr. von Arnim (Wien). Letzterer ist an Stelle des 1912 verstorbenen Hrn. Th. Gomperz, in dem die Kommission ein eminent sachverständiges und um die antike Medizin wohlverdientes Mitglied verloren hat, durch einstimmige Wahl der Kommissionsmitglieder zugewählt worden.

Orientalische Kommission.

Bericht des Hrn. Eduard Meyer.

Durch die Funde in Ägypten, Babylonien und Zentralasien sind in den Königlichen Museen gewaltige Massen von Schriftdenkmälern angehäuft, deren Bestand sich durch den Fortgang der Forschung und die systematische Organisation der Ausgrabungen ständig vermehrt. Aber für die wissenschaftliche Verarbeitung dieses Materials fehlte es bisher sowohl an Mitteln wie an ausreichenden Arbeitskräften; und so blieben die der Erde entrissenen Schätze größtenteils jahrzehntelang als totes Material unbenutzt liegen, und der Zweck, um dessentwillen sie ausgegraben und in unseren Museen gesammelt waren, wurde nicht erreicht. Die erfolgreiche Erschließung und wissenschaftliche Verarbeitung dieser Denkmäler setzt ein gründliches Spezialstudium und andauernde eindringliche Beschäftigung mit ihnen voraus; nur wer sich völlig in sie eingearbeitet und volle Herrschaft über Schrift, Sprache und Inhalt gewonnen hat, kann sie wirklich nutzbringend bearbeiten. Daher läßt sich diese Bearbeitung nicht nebenbei, in den von anderen Berufsgeschäften gelassenen Mußestunden oder bei vorübergehender Beschäftigung mit den Dokumenten, ausführen; sie erfordert die volle Kraft hierfür geschulter Gelehrter. Für manche der zugleich wichtigsten und schwierigsten Gebiete waren geeignete Gelehrte überhaupt kaum vorhanden, da sie umfassende Spezialstudien verlangen, die junge, von lebhaftem wissenschaftlichem Interesse erfüllte Gelehrte wohl anlocken mochten, aber noch mehr abschrecken mußten, da sie gar keine Aussicht auf Erreichung einer Lebensstellung boten, so daß die Gefahr dringend geworden war, daß diese Gebiete in Deutschland völlig verwaisen könnten.

Diese Erwägungen haben die an diesen Aufgaben interessierten Gelehrten veranlaßt, sich mit einer Eingabe an die Regierung zu wenden und die Bewilligung ausreichender Mittel zur Abhilfe des hier vorliegenden wissenschaftlichen Notstandes zu beantragen. Die Akademie hat das Gesuch warm unterstützt, und die Königliche Staatsregierung ist mit hochherzigem Entgegenkommen auf diese Anträge eingegangen. Vom laufenden Jahre an sind für die Erfüllung der hier vorliegenden Aufgaben entsprechende Mittel in den Etat der Akademie eingestellt worden. Sie sind bestimmt für die Bearbeitung der auf altorientalischem Gebiet durch die Ausgrabungen in Ägypten, in Assyrien und Babylonien, und in Zentralasien mit den angrenzenden Gebieten jetzt und in Zukunft erschlossenen Schriftdenkmäler.

Für die Verwendung der Gelder und die Ausführung der damit gestellten Aufgaben hat die Akademie eine besondere Kommission

eingesetzt, bestehend aus den HH. Delitzsch, Erman, Lüders, Eduard Meyer, F. W. K. Müller, Sachau, Wilhelm Schulze. Die Kommission hat auf allen in Betracht kommenden Gebieten die Arbeit erfolgreich in Angriff nehmen können.

Auf dem ägyptischen Gebiete begann Hr. Dévaud die Bearbeitung des Papyrusfundes von Kahun, der das Archiv eines Tempels aus dem 19. Jahrhundert v. Chr. enthält. Hr. Roeder bereitete die in den Königlichen Museen befindlichen Inschriften des neuen Reiches zur Veröffentlichung vor. Hr. Grapow war mit lexikalischen Untersuchungen beschäftigt. Außerdem wurde Hrn. Heinrich Schäfer eine Unterstützung für seine Untersuchungen auf dem Gebiet der älteren nubischen Sprache bewilligt.

Auf assyriologischem Gebiete übernahm Hr. Figulla die Bearbeitung der im Museum befindlichen Geschäftsurkunden aus der Zeit der ersten Dynastie von Babylon, die zunächst chronologisch geordnet werden mußten. Hr. Otto Schroeder bearbeitete die Amarnatafeln für eine abschließende Textausgabe, bei der auf genaue Wiedergabe des Schrifttypus der einzelnen Tafeln besonders Gewicht gelegt werden wird. Außerdem soll die Bearbeitung der Tontafeln aus Assur in Angriff genommen werden, und die HH. Pick und Ebeling haben bereits mit der Ordnung und Katalogisierung begonnen.

Auf dem Gebiete der Funde aus Zentralasien (Turfan) begann Hr. Siegling die Bearbeitung der Buddhastotren des Mātṛceta, von denen ungefähr die Hälfte des ganzen Textes in Resten von mindestens 20 verschiedenen Handschriften erhalten ist. Bis jetzt ist ein Drittel des Textes durchgearbeitet. Außerdem hat Hr. Siegling die gemeinsam mit Hrn. Sieg übernommene Bearbeitung der tocharischen Sprachreste so weit gefördert, daß das Druckmanuskript etwa bis zur Hälfte der Texte fertiggestellt ist.

Die Bearbeitung der 400 Fragmente des Udānavarga wurde so weit gefördert, daß demnächst mit dem Druck begonnen werden kann.

Die lexikographische Bearbeitung des mittelpersischen und soghdischen Sprachmaterials hat Hr. Jansen übernommen und zunächst die schon veröffentlichten Texte verzettelt. Bis Ende Dezember waren 6430 Zettel mit etwa 13000 Notierungen fertiggestellt und außerdem 4600 mittelpersische Zettel alphabetisch geordnet.

Die Anfertigung eines beschreibenden Verzeichnisses der chinesischen Handschriftenreste aus Turfan übernahm Hr. Wang Yin-tai. Zur Bewältigung des sich dabei ergebenden Namenmaterials wurde zugleich mit der Anlegung eines biographischen, nach den chinesischen Klassenzeichen geordneten Index berühmter Buddhisten begonnen.

Deutsche Kommission.

Bericht der HH. Burdach, Heusler, Roethe und Schmidt.

Die Arbeiten des **Handschriftenarchivs** sind wesentlich gefördert worden. In den Gebieten, die schon in Angriff genommen waren, wurden die Mitarbeiter vermehrt; außerdem konnten wichtige neue Gebiete erschlossen werden.

Eine günstige Gelegenheit zur Werbetätigkeit bot zu Pfingsten die gemeinsame Tagung der Vereine der deutschen, österreichischen und schweizerischen Bibliothekare. Unser dorthin abgeordneter Archivar Dr. Behrend hat durch einen Vortrag über die Arbeiten des Archivs (abgedruckt im Zentralblatt für Bibliothekswesen 1912, 7. und 8. Heft, S. 374f.) sowie durch persönliche Besprechungen das Interesse und die Neigung zur Mitarbeit für unser Unternehmen unter den Bibliothekaren wachzuhalten oder zu erwecken sich bemüht. Eine merkliche Beschleunigung des Arbeitstempos darf von der jüngst getroffenen Einrichtung erwartet werden, auswärtige Handschriften in größerer Anzahl in unser Archiv schicken und hier verarbeiten zu lassen.

Aus der Schweiz ist zu berichten, daß Dr. Roth wiederum eine größere Anzahl von Handschriften der Basler Universitätsbibliothek beschrieben hat. Außer musikalischen Handschriften, deren Texte Ausbeute für Volks- und Kunstlied boten, wurden Handschriften der Gruppen G und O aufgenommen: darunter eine bisher noch nicht verwertete Handschrift des Laurin aus der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts, ein deutscher Lucidarius des 15. Jahrhunderts, Predigten Taulers, vor allem eine deutsche Sibyllenweissagung (15. Jahrhundert).

Besprechungen mit Hrn. Oberbibliothekar Dr. Escher ergaben, daß die wichtige Züricher Stadtbibliothek in etwa einem Jahr selbst zu der längst geplanten Aufnahme ihrer deutschen literarischen Handschriften übergehen wird. Da hierfür gemäß einer älteren Zusage (s. Sitzungsberichte 1905, S. 138) die Berücksichtigung unserer Grundsätze in Aussicht gestellt worden ist, so ist es nicht nötig, einen besonderen Beauftragten dort zu werben.

Auch in Österreich ist ein Fortschritt zu verzeichnen. Die große Wiener Strickerhandschrift Nr. 2705 beschrieb Dr. Brietzmann (Berlin); eine Reihe von Codices der Rossiana zu Lainz behandelte Dr. Biener (Wien). Privatdozent Dr. Polheim in Graz hat durch eine Orientierungsreise in Steiermark und durch Rundfragen in den Kronländern die ersten Grundlagen zu legen begonnen und auch eine Reihe seiner Schüler für unsre Arbeiten vorbereitet. In Lengmoos (Südtirol) entdeckte Bibliothekar Dr. Ettlinger während eines Ferien-

aufenthalts eine Handschrift des Freiburger Stadtrechts, die er für uns beschrieb. Eine umfängliche Melker Handschrift beschrieb cand. WALTHER in Berlin.

Über die reichen Schätze der Sammlung des Hrn. Dr. LANGER in Braunau gab ihr Hüter Dr. DOLCH von neuem willkommene Nachricht. Hervorgehoben sei die Handschrift Nr. 404, die außer einer deutschen Historienbibel mystische Stücke enthält. Außerdem lieferte Dr. DOLCH einige Ergebnisse früherer Inventarisationsreisen nach.

Die Kgl. Ungarische Akademie der Wissenschaften hat den Oberlehrer Dr. GRAGGER beauftragt, die deutschen Handschriften Ungarns nach unseren Grundsätzen zu verzeichnen. Ein Alexanderbuch aus dem Priesterseminar zu Raab beschrieb Oberlehrer Dr. TRAVNIK.

In Bayern waren unsere bewährten Mitarbeiter an der Kgl. Hof- und Staatsbibliothek zu München, Oberbibliothekar Dr. LEIDINGER und Bibliothekar Dr. PETZET, wieder rüstig am Werk, und da der Direktor der Hof- und Staatsbibliothek, Hr. Dr. SCHNORR VON CAROLSFELD sie in dankenswerter Weise bei ihrer Tätigkeit als Beamte der Handschriftenabteilung durch eine neue Hilfskraft entlastet hat, so darf für die nächste Zeit noch eine Beschleunigung erhofft werden. Einige lateinische Handschriften beschrieb cand. phil. WALTHER (Berlin). — Aus den Büchersammlungen der städtischen Kollegien zu München übermittelte Hr. HEIGENMOSER eine Beschreibung einer älteren bayrischen Chronik. — In das rechte Fahrwasser ist jetzt auch die Arbeit in Nürnberg gekommen. Aus der Nürnberger Stadtbibliothek sind für uns durch Prof. DIPTMAR deutsche Legenden, theologische Werke, einige Armenbibeln sowie eine österreichische Chronik des 16. Jahrhunderts beschrieben worden. Auch von andern Nürnberger Mitarbeitern stehen Beiträge in sicherer Aussicht.

Auch in Elsaß-Lothringen ist die Arbeit gefördert worden. Ein summarisches Verzeichnis der deutschen Handschriften der Kaiserlichen Universitäts- und Landesbibliothek in Straßburg von Dr. BECKER lieferte eine vorläufige Übersicht, die allerdings noch der Nachprüfung und Ergänzung bedarf. Einige fertige Beschreibungen steuerte Dr. RITTER bei.

In Baden setzte unser Mitarbeiter Dr. SEMLER die Handschriftenaufnahmen fort. Er erledigte in der Karlsruher Hof- und Landesbibliothek die Gruppe der Codices St. Georgen: Deutsche Predigten und Gebete, mystische Stücke (ein Seelenspiegel, die 24 Alten Ottos von Passau in zwei Niederschriften von 1383 und 1478). Eine Humanistenhandschrift der Heidelberger Universitätsbibliothek beschrieb Dr. BERTALOT (Berlin).

In Württemberg wird für die Königliche Landesbibliothek zu Stuttgart, an die wir wiederholt jüngere Gelehrte zur Inventarisierung

entsandt hatten (s. Sitzungsberichte 1911, S. 105; 1912, S. 73) fortan aus heimischen Kräften gesorgt werden; zu unserer Genugtuung hat sich die Leitung dieser Bibliothek nunmehr entschlossen, die Inventarisierung ihrer deutschen Handschriften den mit deren Verwaltung beauftragten Beamten zu übertragen. Eine Reihe inhaltlich bedeutsamer Beschreibungen von Bibliothekar Dr. Karl Löffler und eine Beschreibung von Hilfsbibliothekar Dr. Lenze machten den Anfang. An der Universitätsbibliothek zu Tübingen setzte Dr. Hauber seine Tätigkeit fort: außer einer bisher unbekannten 'Rechenschaft des Glaubens' von Caspar Schwenkfeld erweckt besonderes Interesse eine deutsche Bearbeitung von des Boethius Buch 'De consolatione philosophiae'. Einige andere Tübinger Handschriften inventarisiert cand. phil. August Blum (Tübingen).

Nicht minder erfreuliche Fortschritte sind aus Mitteldeutschland zu melden. Der hingebungsvolle Eifer des Direktors der Bibliothek des Herzoglichen Hauses zu Gotha Prof. Dr. Ehwald hat die Inventarisierung der dortigen deutschen Handschriften zum Abschluß gebracht: der Ertrag des letzten Jahres bringt 43 gründlich gearbeitete Beschreibungen. Der Reichtum dieser die meisten Richtungen der älteren deutschen Literatur umfassenden Sammlung liegt nun erst klar vor Augen. Neben den stark hervortretenden thüringischen Geschichtsquellen, neben Relationen von der Reise Herzog Wilhelms ins heilige Land, einem Bericht über die Wallfahrt des Hans von Sternberg nach Compostella und Jerusalem (1514), neben Nachrichten über den Nürnberger Reichstag (1487) von einem Diener Friedrichs des Weisen, bedeutsamen politisch-religiösen Prophetien und einem Copialbuch von Urkunden des Schwäbischen Bundes erscheinen die bekannten Gothaer Handschriften des Freidank und des Winsbecken, ein spätmittelalterlicher deutscher Traktat 'Von der Fürsten Regiment', Spalatins Übersetzung von Gersons Schrift 'Christlich zu leben' und andere Theologica (in einer Sammelhandschrift vom Anfang des 16. Jahrhunderts findet sich der verdeutschte Traktat Gersons 'Vom heilsamen Sterben', ein 'Zwiegespräch zwischen Jesus und der Person', ein lustiger Reimspruch des Hans Ohnesorge über Haushalten); endlich 'Secreta mulierum zu teutsch' aus dem 15. Jahrhundert von Dr. Hartlieb. Unserem ausgezeichneten Mitarbeiter haben wir am Ende seiner fruchtbaren Leistung warmen Dank auszusprechen.

Neu setzte die Arbeit in Weimar ein. Während einiger Ferienwochen verschaffte sich unser Archivar Dr. Behrend eine Übersicht über die Bestände und beschrieb selbst eine Anzahl von Handschriften (24 Nummern). Unter den von ihm aufgenommenen Handschriften behauptet den ersten Platz der bekannte Sammelcodex O 145, der

noch manche ungedruckte mhd. Verserzählungen enthält. Auch in der Weimarer Großherzogl. Bibliothek, die in ihrer eigenartigen Zusammensetzung ein Spiegelbild der Geschichte des Fürstenhauses bildet, steht das spezifisch Historische im Vordergrunde, darunter manch bisher nicht bekannt gewordenes historisches Volkslied: z. B. ein Regensburgisch Vaterunser, historische Verse der protestantischen Kriegführenden des Dreißigjährigen Krieges, die in einem Ballett auftreten. Außer der reichlich vorhandenen theologischen Literatur sind auch einige juristische Werke zu erwähnen: das älteste wohl ein Bruchstück einer obersächsischen Pergamenthandschrift des sächsischen Lehnrechts aus dem 13. Jahrhundert. — Im Staatsarchiv zu Weimar verzeichnete Dr. Behrend einige historische Lieder des 16. Jahrhunderts. — Besonderer Dank gebührt der großherzoglichen Regierung, die auf Vermittlung des Direktors der Großherzogl. Bibliothek, Geheimrats v. Bojanowski, die Erlaubnis erteilt hat, daß nach und nach die für uns in Betracht kommenden Handschriften in unser Archiv gesandt und hier beschrieben werden. Unter Anleitung des Archivars sind bereits Beschreibungen von den HH. Dr. Buske, cand. Demeter und cand. Stephan hergestellt worden.

Im Königreich Sachsen und in der Provinz Schlesien geriet die Aufnahmearbeit ins Stocken, doch lieferte Dr. Schillmann wiederum Nachrichten über Fundstellen für Sachsen und Schlesien. Einen bisher als verschollen geltenden lateinischen Traktat des Johannes de Indagine über die Kalandsbrüder fand Dr. Behrend in der Kgl. Universitätsbibliothek zu Leipzig.

Aus Schlesien trafen einige Beschreibungen von lateinischen theologischen Handschriften der Kgl. und Universitätsbibliothek zu Breslau ein, verfaßt von den Kandidaten HH. Roeder, Wilpert und Makiela.

Einen nicht unansehnlichen Ertrag brachte die systematisch die Bibliotheken und Sammlungen der Provinzen Posen und Westpreußen musternde Reise des Hrn. Dr. Niewöhner, die sich auf mehrere Sommermonate erstreckte. Ausgeschlossen blieben diesmal die Städte Danzig, Posen und ihre näheren Umgebungen, da für sie zweckmäßiger die Hilfe von ortsansässigen Gelehrten aufgeboten wird. Eine besonders wertvolle Ausbeute war allerdings nicht zu erhoffen, da die handschriftlichen Bestände des ausgehenden Mittelalters in diesen Gegenden vielfach geplündert und zerstört worden sind. Ein beträchtlicher Teil davon läßt sich bekanntlich in Upsala und Stockholm nachweisen, wohin sie im 17. Jahrhundert als schwedische Beute der Kriege gegen Polen gekommen sind. Dank Niewöhners energischer Arbeit umfaßt unsere Ernte immerhin noch 178 Beschreibungen.

In Gnesen, wo die Bibliotheken des Priesterseminars und des Metropolitankapitels zu berücksichtigen waren, setzte die Arbeit NIEWÖHNERS ein. Empfehlungsschreiben des Direktors des Breslauer Diözesanarchivs, des Geistlichen Rats Prof. Dr. JOSEPH JUNGNITZ hatten ihm die Wege geebnet. Aus der Reihe juristischer und theologischer Handschriften, welche die alte Metropole des deutschen Ostens noch bewahrt, sei ein Sammelkodex des 14. Jahrhunderts mit der Summa Confessorum des Johannes von Freiburg genannt. Gnesener Bruchstücke der Kaiserchronik bewegen sich zwischen V. 12839 und 13839 des Schröderschen Textes. Ebenfalls dem Gnesener Priesterseminar gehört eine Inkunabel, in die ein älteres deutsches Gedicht in Reimpaaren von Jesus und Maria handschriftlich eingetragen ist. Den Lokalhistoriker werden lateinische Distichen auf die Gnesener Erzbischöfe interessieren, die bis auf das Jahr 1576 führen. — Der von Gnesen nach Tremessen unternommene Abstecher bot geringe Ausbeute.

Längere Zeit beanspruchten die Sammlungen zu Thorn, wo außer der Gymnasialbibliothek das Ratsarchiv, die Ratsbibliothek und die Bibliothek der Altstädtischen Gemeinde in Betracht kam. Wie zu erwarten, fehlen in diesem Kolonialland mit jüngerer deutscher Kultur Abschriften von Werken der mittelalterlichen literarischen Gattungen: Minnesang und ritterlich-höfischer Liebesroman in Versen sind hier ersetzt durch modernere literarische Produkte, wie sie den gelehrten, juristischen und theologischen Interessen der einbrechenden Reformationszeit entsprechen: das bezeugen die zahlreichen dortigen Rechts- und Geschichtshandschriften; dazu tritt ein längeres strophisches Gedicht vom Leiden Christi in einer Psalterhandschrift des 16. Jahrhunderts, das einer älteren Zeit anzugehören scheint, die lateinischen Epigramme Sebastian Brants (in einer Kobergerschen Inkunabel des Boethius 'De consolatione philosophiae') und Distichen von Georg Sabinus. Doch liegt der Schwerpunkt in den Gesellschaftsliedern des 16. und 17. Jahrhunderts; erwähnt seien 'Etliche Teutsche Liedlein, geistlich und weltlich. Durch F. D. zu Preußen Trompetern Paul Kugelman (1560) gedruckt zu Königsberg in Preußen', denen zahlreiche zeitgenössische Nachträge mit der Feder zugefügt worden sind. Für die Geschichte der wissenschaftlichen Bildung kommt eine Descriptio Bibliothecae Thorunensis anno 1594 exstructae in Betracht, die sich völlig übereinstimmend auch in einer Handschrift der Elbinger Stadtbibliothek findet. — Von Thorn unternahm NIEWÖHNER schnelle Exkursionen nach Schönsee, Kulmsee und Podgorz ohne wesentlichen Ertrag. Eine Anzahl von Stadtbibliotheken und Privatsammlungen brauchten nicht besucht zu werden, da ihre Verwalter bestimmt er-

klärten, daß sie keine derartigen Handschriften besäßen; so Marienwerder und Graudenz.

Einen umfangreicheren Handschriftenvorrat bewahrt noch Elbing; hier verbrachte NIEWÖHNER den Rest der ihm zur Verfügung stehenden Zeit, teils in der Stadtbibliothek, teils in der Bibliothek der Marienkirche arbeitend. In einem Sammelkodex um 1500 findet sich außer einer 'Summa de confessionis discretione' des Frater Rudolfus und einem lateinisch-niederdeutschen Glossar (Dictionarius curialis) auf dem Innendeckel eingetragen ein Fragment von Bruder Philipps Marienleben. Die reichen Materialien zur Geschichte des Elbschwanenordens, die die Stadtbibliothek besitzt, waren bereits von Prof. Neubaur abgedruckt worden. Einen Hinweis verdient die literarische Wirksamkeit einer Lokalgröße, des Elbinger Rektors Fr. Hoffmann (17. Jahrhundert): 'Damon und Pythias' ist von ihm als lateinische Schulkomödie gedichtet, das Drama 'Bellum Trojanum' in deutscher Prosa verfaßt, während im deutschen Drama 'Salomo' Reim und Prosa wechseln. — Ein Ausflug nach Frauenburg, wo freilich zur Zeit nicht alle Sammlungen zugänglich waren, verlief ergebnislos. — Die Konitzer Bestände sind in das Staatsarchiv zu Danzig übergeführt worden.

In Ostpreußen setzte Bibliothekar Dr. ETTLINGER die Aufnahme an der Kgl. Universitätsbibliothek zu Königsberg fort. Die wichtige Reihe der deutschen Ordensstatuten wurde neu beschrieben, und zwar unabhängig von Steffenhagen, auch von Perlbachs Ausgabe nur insoweit abhängig, als dessen Einteilung befolgt wurde. Wichtigen Ertrag brachten zahlreiche Rechtsquellen. Beachtung fordert außerdem ein Codex, der Rulman Merswins Buch von den neun Felsen enthält, besonders interessant aber durch eine fragmentarische lateinische Novellensammlung ist, die auf den Vorsatzblättern der Handschrift steht. Nähere Untersuchung verdient eine bisher nicht bekannte deutsche Übersetzung der Ekloge des Theodulus. — An der Beschreibung der Wallenrodtschen Handschriften beteiligte sich neben Dr. ETTLINGER der jetzt als Bibliotheksvolontär eingetretene Dr. ROHDE; von ihm liegen zwei Beschreibungen vor.

In der Kgl. Bibliothek zu Berlin ist Hr. Dr. DEGERING auch während des vergangenen Berichtsjahres noch nicht dazu gelangt, uns Früchte seiner Katalogisierungstätigkeit zu übergeben. Inzwischen hat Dr. NIEWÖHNER einige große Spruchsammlungen in Folio, Dr. HORNBAUM einige niederdeutsche und niederrheinische Corpora geistlicher Traktate für uns beschrieben, Dr. K. MATTHÄI berichtete über den Sammelkodex Ms. Germ. 4, 909, Dr. PONGS über einige aus der Bibliothek des Gymnasiums zu Salzwedel an die Kgl. Bibliothek gelangte Handschriften (Abschrift des 17. Jahrhunderts von Konemanns Wurzgarten; Gedenk-

blatt Philipps von Zesen u. a.). Dr. Niewöhner beschrieb außerdem niederdeutsche und bayrische Gebetshandschriften, sowie ein schönes mittelhochdeutsches Prosalegendar, die sich im Antiquariat von Martin Breslauer befanden.

Für Pommern, die westlichen Provinzen Preußens und das Großherzogtum Hessen haben uns die HH. Behaghel in Gießen, Ehrismann in Greifswald, Franck und von Kraus in Bonn, Strauch in Halle und Vogt in Marburg eine stattliche Anzahl jüngerer Gelehrter für die Inventarisation empfohlen, die sich weit überwiegend zur Mitarbeit bereit erklärt haben: so wird da künftig von stärkerer Steigerung zu melden sein. Diesmal ist die Provinz Sachsen erst durch Halberstadt vertreten, wo Dr. Sommermeier Rechtshandschriften des Kgl. Domgymnasiums bearbeitet hat. Über die altdeutschen Handschriften Mühlhausens berichtete Prof. Emil Kettner ausführlich in den Mühlhauser Geschichtsblättern XII, 106ff., ebenso über die altdeutschen Codices der Fürst-Georg-Bibliothek zu Dessau Dr. K. Matthäi in den 'Mitteilungen des Vereins für Anhaltische Geschichte und Altertumskunde' 1911, S. 528ff.

Eine größere Reihe von Beschreibungen aus der Universitätsbibliothek zu Gießen sandte Prof. Helm; meist handelt es sich da um Stücke aus der Bibliothek von H. Chr. v. Senckenberg und Schiltersche Abschriften. Neben bekannten Handschriften und Fragmenten hebt sich doch aus dem Frühhumanismus und aus der historischen Dichtung des 16. Jahrhunderts auch minder Beachtetes heraus. Aus seinem Privatbesitz beschrieb Prof. Helm ferner eine Handschrift des 15. Jahrhunderts (darin ein Spiegel der Sünden; mystische Stücke; Lehre gegen den Geist der Lästerung). Da die Mitarbeit am Deutschen Wörterbuch künftig Prof. Helm in erster Reihe in Anspruch nehmen wird, hat er die Fortsetzung der Gießener Handschriftenbeschreibung in die Hände des Bibliotheksvolontärs Dr. Schneider gelegt, der bereits mit der Aufnahme eines Bruchstücks von Lirers Schwäbischer Chronik eingesetzt hat. — Ein Perikopenbuch der Stadtbibliothek zu Worms hat Dr. Deggau beschrieben; Dr. Schäfer in Büdingen hat seine Aufmerksamkeit den Gräflich Solmsschen Archiven zu Laubach und Lich zuzuwenden begonnen: namentlich aus Laubach, wohin die Bibliothek des Klosters Arnsburg gekommen ist, wird künftig zu berichten sein.

Frankfurt a. M. war diesmal nur durch historische Verse des Augsburger Meistersingers Abraham Schädlin vertreten, die sich im Besitz des Antiquariats Baer und Co. befanden und die Dr. Behrend verzeichnen durfte. — Die Beschreibung der lateinischen Handschriften aus der Landesbibliothek zu Fulda setzte Dr. Wiegand fort: herausgehoben sei eine Sammelhandschrift, die sich durchweg mit dem Tode

beschäftigt (Totenvigilien, -gebete, -tanz, Todesbetrachtungen, Kennzeichen des Todes u. a.). — Die Sammlung des Altertumsvereins zu Dillenburg, die Dr. Heintz für uns prüfte, ergab nichts.

Das Städtische Archiv zu Köln, das Hr. Neukirchen bearbeitet, spendete neben vielen bekannten Handschriften aus de Grootes Besitz wieder auch manches Neue: unbenutzte Handschriften von des Pleiers Tandareis und Flordibel, von Bruder Philipps Marienleben, vom Prosa-Lanzelet, Fragmente aus Ammenhausens Schachgedicht, eine alchimistische Lehrdichtung über den Stein der Weisen. — In die Schätze der Landes- und Stadtbibliothek zu Düsseldorf werden sich Hr. Oberlehrer Dr. Grüters und Hr. Bibliothekar Dr. Reuter teilen; jener hat bisher über eine niederdeutsche Augustinlegende, dieser über den niederdeutschen Krauthof der Seele und ähnliche Traktate berichtet. — Seine Aufnahme der Bielefelder Handschriften schloß Prof. Tümpel ab durch Verzeichnisse der Tractate einer Handschrift der Gymnasialbibliothek und der Predigten eines Codex der Altstädter Kirche.

Unter den Handschriften der Kgl. und Provinzialbibliothek zu Hannover, die Oberlehrer Dr. Brill diesmal behandelte, befand sich u. a. allerlei Kleinkunst deutsch und lateinisch, die in Bodemanns Katalog noch nicht Aufnahme gefunden hatte (Gesta scolarium; Tractat gegen Mißbrauch des Tanzes; Recepte aus dem St. Bonifaciusstift zu Hameln); die geistliche Literatur überwog wieder bei weitem (darunter die niederdeutsche Übertragung der Legenda aurea). — In den von Dr. K. Matthäi erledigten Handschriften der Beverinschen Bibliothek zu Hildesheim traten hervor Lokalchroniken, in denen historische Lieder aus der Hildesheimer Stiftsfehde eingelegt sind, ferner die Brandißschen Diaria und eine niederdeutsche Übertragung von Thancmars Vita Bernwardi aus dem 17. Jahrhundert. — Einige niederdeutsche und lateinische Gebetshandschriften und Hymnare der Universitätsbibliothek zu Göttingen beschrieb Dr. Pfannmüller, einen mittellateinischen Miscellancodex derselben Bibliothek Hr. cand. phil. Walther.

In Mecklenburg beschrieb Bibliothekar Dr. Crain die in der Geheimen Regierungsbibliothek zu Schwerin befindlichen Fragmente des Rolandsliedes.

Weitaus die reichsten Früchte brachten auf niederdeutschem Gebiete Lübeck und Hamburg, dank der emsigen und ergiebigen Tätigkeit Dr. Hagens und Prof. Henricis.

Dr. Hagen hatte aus der Lübecker Stadtbibliothek wieder große Sammlungen von niederdeutschen Gebeten, Psalmen, Horarien, Andachten auszubreiten, die vielfach aus Frauenkreisen hervorgegangen waren. Von Prosastücken ist hervorzuheben eine Abendmahlsandacht in 12 oder 13 Abschnitten, ein Leben der hl. Dorothea, die geistliche Harfe,

Stücke aus dem großen Seelentrost, merkwürdige Andachten in Dialogform (darunter die Weihnachtsandacht eines Priesters Johannes), kleine fromme Erzählungen; außerdem wieder manche neue Handschriften beliebter Stücke wie der Bede Gregorii, der 100 Artikel vom Leiden Christi, des Psalters Christi usw. Daneben stehn aber auch sehr viele Reimgedichte, von denen nur ein kleiner Teil schon durch Mantels bekannt gemacht worden ist, viele übrigens auch in anderen Handschriften sich finden: mit Vorliebe huldigen sie der Jungfrau Maria, besingen ihre Namen, ihre Tagzeiten, ihre Vorzüge, ihre Freuden und Leiden; auch eine neue Handschrift der bisher nur aus Wolfenbüttel bekannten gereimten 'Ehrentafel' ist hier aufgetaucht, sowie eine neue Handschrift des geistlichen Blumenkranzes; noch unbekannt sind anscheinend eine gereimte Margaretenpassion, eine gereimte Seelenmesse u. a. m.

Besonders stattlich stellte sich diesmal Prof. Henricis Arbeitsleistung auf der Stadtbibliothek zu Hamburg dar. Er hat etwa 700 Bände durchgesehen, von denen einige der Abteilung 'In scrinio', die meisten den 'Manuscripta theologica' angehörten; nur 140 erforderten eine Beschreibung, darunter aber viele große Sammelhandschriften. Die Mehrheit enthielt deutsche, vor allem niederdeutsche geistliche Prosa: Traktate, Andachten, Mystisches, Legenden, Sprüche, Gebete, Breviere, Lektionare; doch auch an größeren und kleineren Reimdichtungen war kein Mangel, unter denen z. B. ein geistlicher Weingarten erwähnt sei. Ein Fragment der Kaiserchronik aus dem Anfang des 13. Jahrhunderts, enthaltend mehrere 100 Verse des ersten und zwölften Tausends, war eingeklebt in dem theologischen Band 1546 aus der Karthause bei Erfurt. Besonders bemerkenswert erschien sonst ein Psalter mit Erklärungsprosa des 15. Jahrhunderts, eine Erklärung der Apokalypse mit zahlreichen Hinweisen auf zeitgenössische Ereignisse des 16. Jahrhunderts und mit eingeklebten Zeichnungen, zu denen antipäpstliche Verse gesetzt sind; der niederdeutsche goldene Spiegel der armen sündigen Seele; ein niederdeutsches Seelenparadies; ein niederdeutsches Sammelwerk 'der Tugenden Ketten'; eine hochdeutsche (aber in Lüneburg entstandene) Miscellanhandschrift, die eine geistliche Ritterschaft, Meerfahrt usw. enthielt; geistliche Fastnachtsküchlein, Osterfladen, Maikäse, Maimus u. m.; die Predigt 'der Berg von Golde' von einem Straßburger Lesemeister; eine Handschrift von Ingolds Goldnem Spiel, die das Datum 1432 bestätigt; Stücke aus Meister Eckart, aus Geiler von Kaisersberg; Tagebücher der Nonne Angela de Hoelfels und Predigtexcerpte (Postille) der Nonne Katharina Gordeler, beide aus St. Agnes in Trier; Andachtsbuch der Herzogin Elisabeth von Nassau-Saarbrücken; eine oberdeutsche Summa decre-

talium des Johannes von Freiburg; eine volkskundlich interessante Sammlung von Lehren über Recht, Moral, Politik und Religion, und vieles andere. Von lateinischen Dichtungen kommen neben einem Cato namentlich Jesuitengedichte aus Würzburg und Leonhard Weikharts 'Planctus animae ex flammis purgantibus ad mortales' (16. Jahrhundert) in Betracht. Sehr reich vertreten ist die deutsche Dichtung des 16. und 17. Jahrhunderts durch Joh. Mich. Dilher, Ludw. Alb. Ölschlegel, Vinc. Placcius, die Witwe Magdalena Meißner, Katharina Uhrwalt-Schumacher aus Wandsbek, das hochdeutsche Gedicht 'Der weltlich Papst', den Roman von Mausolus und Artemisia.

Endlich ist zum erstenmal aus Italien über positive Erträge zu berichten.

Schon in den Anfängen unseres Unternehmens hatte uns der Leiter des Preußischen Historischen Instituts in Rom, Geheimrat Kehr, die Unterstützung seiner Beamten in Aussicht gestellt (s. Sitzber. 1905, S. 138). Jetzt sandte uns der gegenwärtige Bibliothekar des genannten Instituts, Dr. Christ, das Ergebnis seiner Arbeit an mehreren Bibliotheken. Unter planmäßiger Rücksichtnahme auf die bisherige Durchforschung der deutschen Bestände in den römischen Bibliotheken (Greith, Adelb. v. Keller, Dudik, Bethmann, Steinmeyer, Bartsch) richtete er sein Augenmerk zunächst auf die noch gar nicht oder nur unzureichend beschriebenen Handschriften. Für die Vatikanische Bibliothek leisteten dabei gute Dienste die Inventare der Bibliotheca Reginae, der Palatina und eines Teils der Vaticana Latina. Es ergab sich, daß im allgemeinen bereits Greith mit Sorgfalt diese vier Verzeichnisse durchsucht und alle deutschen Stücke vermerkt hat. Nachträge in größerer Zahl lieferte nur die Palatina, meist späte Handschriften medicinisch-naturwissenschaftlichen Inhalts, die auch im Anhang zu Bartschs Heidelberger Handschriftenkatalog (S. 182 ff.: 'Deutsches in den Codices Lat. Palat. der Vaticana') fehlen. Früchte trug auch die Durchsicht der letzten Bände des Inventars der Vaticana Latina (Cod. 7200 f.), die früheren Forschern nicht vorgelegen hatten, und die Prüfung eines Teils der Handschriftenbruchstücke in Büchern der Palatina, auf die schon Stevenson Inventario dei libri stampati Palatino-Vaticani, 1886—1891, hingewiesen hatte. Dr. Christ hat, wie sein Bericht betont, bei Hrn. Pater Ehrle, dem Präfekten der Vaticana, für seine Arbeiten jederzeit verständnisvolles Entgegenkommen gefunden. Außer der Vaticana hat Dr. Christ auch noch die Biblioteca Vittorio Emanuele und die Biblioteca Casanatense zu durchforschen begonnen und die Bestände der Handschriften in deutscher Sprache in der Biblioteca Corsiniana (Accademia dei Lincei) bereits erledigt.

Aus den beschriebenen Schätzen der Vaticana heben wir hervor eine Aventinhandschrift »Von dem Herkommen der Stadt Regensburg«,

die in der großen Ausgabe der Bayrischen Akademie noch keine Verwendung gefunden hat; ferner ein mhd. Gedicht mit der Legende vom heiligen Wernher, das Dr. Christ zu veröffentlichen beabsichtigt. Unerwartet ist der Zuwachs an Reformationsliteratur: außer einem Brief und einer Predigt Melanchthons, die das Corpus Reformatorum nicht kennt, einem interessanten Brief Luthers an Agricola finden sich geistliche Lieder protestantischer Prediger. Auch der oft besungene Kampf um die Magd im Rautenkranz, um Magdeburg, 1550/51, ist in einem starken Sammelcodex in zahlreichen Landsknechtsliedern festgehalten. Aus der Biblioteca Casanatense sei ein mittelniederländisches Gebetbuch, aus der Corsiniana eine Handschrift mit Johann Lichtenaus Gedicht von der Fechtkunst und ähnlichen Stücken, ferner die bekannte Handschrift von Seyfrieds Alexander verzeichnet.

Aus Spanien sandte von seiner großen Bibliotheksreise Professor Ephr. Baumgartner aus Zug, der unser Archiv in Berlin benutzt hatte, Mitteilungen, die ergeben, daß zu Madrid, im Eskorial und in Barcelona Handschriften liegen, die für uns in Betracht kommen. Es kann nicht stark genug betont werden, wie erwünscht uns solche spontane und zuverlässige Hilfsarbeit jederzeit sein muß.

Die Benutzung der Materialien im Archiv, die Anzahl der Anfragen wies wiederum eine Steigerung gegen das Jahr zuvor auf. Soweit es die knappe Zeit zuließ, förderte der Archivar den Katalog des gedruckten Materials. Die Zahl der Zettel ist auf 320000, die der Beschreibungen auf 6800 gestiegen. Unter Anleitung des Archivars arbeiteten an der Verzettelung folgende Hilfsarbeiter: Dr. Bölsing, Dr. Buske, stud. Demeter, cand. Gensel, Dr. Gille, Dr. Hohnbaum, Dr. Kasch, Dr. Krüer, stud. Krüger, stud. Korte, stud. Karsten, Kaplan Loyo, stud. Oberbeck, stud. Stephan.

An den Ordnungsarbeiten beteiligten sich stud. Blumenfeldt, stud. Engel, stud. Neuner, stud. Liesigk, stud. Georgi, ferner Frl. Ludwig, Frl. Schwertfeger, Frl. Volkmann.

Die Zahl der zum Archiv geliehenen Handschriften belief sich auf 73. Besondere Aufmerksamkeit wurde den Handschriften zuteil, die von Antiquariaten zum Kauf ausgeboten wurden. — Die kleine Handbibliothek wurde um einige paläographische Werke verstärkt.

Von den '**Deutschen Texten des Mittelalters**' wurde ausgegeben nur Bd. XXIII 'Konrads von Megenberg Deutsche Sphaera, aus der Münchener Handschrift herausgegeben von Otto Matthäi'; dagegen ist der Satz der beiden umfänglichen Bände XX und XXII ('Rudolfs von Ems Weltchronik, aus der Wernigeröder Handschrift heraus-

gegeben von Gustav Ehrismann', und 'Das Väterbuch, aus der Leipziger Handschrift mit Ergänzungen aus der Hildesheimer und der Straßburger Handschrift herausgegeben von Karl Reissenberger') noch immer nicht zum Abschluß gelangt. Nahezu vollendet ist im Druck Bd. XXIV 'Die Minnereden der Heidelberger Handschriften cod. pal. 344, 358, 376 und 393, herausgegeben von Karl Matthäi'; begonnen hat der Satz von Bd. XXV 'Die Pilgerfahrt des träumenden Mönchs aus der Berleburger Handschrift herausgegeben von Alois Bömer'. Bevor stehen zunächst 'Das alemannische Gedicht von Johannes dem Täufer und Maria Magdalena, aus der Wiener und Karlsruher Handschrift herausgegeben von Heinrich Adrian' und die 'Katharina divina des Hans von Vitpech, aus der Göttinger Handschrift herausgegeben von Fritz Paul'; ihnen wird voraussichtlich 'Der Trojanische Krieg, aus der Göttweicher Handschrift herausgegeben von Alfred Koppitz' folgen.

Die **Wieland-Ausgabe** hat trotz allem Drängen des Redaktors im abgelaufenen Jahre gestockt, doch sind jetzt die Jugendschriften ausgedruckt, die sich unmittelbar als Zugabe anschließenden großen Diktathefte des Züricher Privatlehrers, die bei ihrem Besitzer nachverglichen werden mußten, teils vollständig, teils im Auszug unter der Presse, die Lesarten zu den vier ersten Bänden zur Veröffentlichung gerüstet. Der Horaz soll auf Wunsch des Verlegers als Ganzes erscheinen und wäre schon in diesem großen Umfang herausgekommen, hätten nicht Amtspflichten und auch gesundheitliche Anfechtungen Hrn. Dr. Stachel in der Arbeit aufgehalten. Für rascheren Fortgang ist nun durch gleichzeitige Vorbereitung mehrerer Bände gesorgt.

Über die Arbeiten am '**Rheinischen Wörterbuche**' erstattet das außerakademische Mitglied der Deutschen Kommission, Hr. Franck, folgenden Bericht:

'Die im vorigen Bericht geäußerte Hoffnung, daß Hr. Dr. Frings etwas länger als wissenschaftlicher Assistent für uns tätig sein könne, hat sich nicht erfüllt, da ihn der Schuldienst ganz in Anspruch nahm. Das Interesse, welches er der Sache bewahrt, erlaubt ihm vielleicht später noch einmal uns zu unterstützen. An seine Stelle trat am 16. April Hr. Dr. Otto Schumann aus Marburg, Kandidat an der hiesigen städtischen Realschule, während der seit einigen Jahren bei uns beschäftigte cand. phil. Hr. Schwarz seine Tätigkeit auf zwei Wochentage einschränken mußte. Als Hilfsarbeiterinnen wurden aufgenommen im März Frl. Seibert, im Mai Frl. Weidenfeld und im Juli Frl. Hünten.

Außerdem ist seit Mitte Juni der cand. phil. Hr. Dr. Schmoeckel aus Siegen für uns tätig. Anfangs April wurden die neuen uns von der Universität gewährten ausreichend großen Räume bezogen.

Die Verzettelung der Eingänge an Einzelmaterial, die durch einen anfangs Oktober veröffentlichten Aufruf in den Zeitungen einen neuen Anstoß erhielten, und der gedruckten Texte wurde den vermehrten Kräften entsprechend fortgesetzt. Die Bearbeitung der Fragebogen, von denen seit der letzten Mitteilung Nr. 17—19 ausgegeben wurden, schreitet nach der bisherigen Methode langsam fort. Es muß wohl eine neue, noch weiter kürzende eingeführt werden, wodurch allerdings die Nachschlagearbeit bei der späteren Ausführung stark vermehrt werden würde.

Die kartographischen Arbeiten sowie die Vorbereitung von Lauttafeln sind durch den Austritt von Dr. Frings zur Zeit ins Stocken geraten.

Der Bestand an Zetteln aus der lebenden Mundart wird, abgesehen von denen, die sich noch im Besitze von Dr. Trense befinden, auf 390000, der aus Urkunden und anderen gedruckten Texten auf über 30000, der aus Fragebogen auf 60000 geschätzt. Außerdem ist für die an zweiter Stelle genannte Gattung auf die fortgesetzte Arbeit des Hrn. Dr. Wrede in Köln zu verweisen (s. u.). Auf weitere Hilfe in der Exzerpierung älterer Materialien, wie sie noch im vorigen Bericht erwähnenswert schien, ist, von etwaigen gelegentlichen Mitteilungen abgesehen, augenblicklich kaum zu rechnen. Ein Besuch beim Düsseldorfer Staatsarchiv überzeugte mich, daß an eine einigermaßen umfassende und systematische Ausnutzung in unserer Lage nicht zu denken ist.

In einer Sitzung der Wörterbuchkommission, die am 12. März 1912 zu Bonn stattfand, wurde die Veröffentlichung einer ersten Probe des Rheinischen Wörterbuchs für das Jahr 1913 ins Auge gefaßt. Um eine Verstärkung der Hilfskräfte zu ermöglichen und dadurch die Ausgabe der ersten Lieferungen zu beschleunigen, hat für das Jahr 1912 der Provinzialverband den Zuschuß um 1000 Mark, die Akademie und die Gesellschaft für Rheinische Geschichtskunde um je 500 Mark erhöht; eine ähnliche Erhöhung wird für das Jahr 1913 erhofft.

Die Arbeiten am historischen Kölner Sprachschatz, die mit in erster Linie dem Rheinischen Wörterbuch zugute kommen, sind im verflossenen Jahre unter Leitung des Hrn. Dr. A. Wrede (Köln) beträchtlich gefördert worden. Bisher wurden eine Reihe von Turmbüchern (Gefangenenverhöre), Kriminalprozeßakten, Handels- und Gewerbeakten, Zunfturkunden, Geschäftsbüchern, Nachlaßverzeichnissen, Testamenten, Inventarien von Anstalten (Hospitälern) und Privatleuten,

Soldverschreibungen, Ratsedikten, Kirchenarchivalien, Rechnungsbüchern der städtischen Verwaltung und von Korporationen sowie viele einzelne Urkunden und Aktenstücke, auch gedruckte Quellen verarbeitet und verzettelt. Die Bearbeitung berücksichtigt neben der rein sprachlichen Seite (in lautlicher, grammatischer und lexikographischer Hinsicht) auch die sachliche, so daß der historische Kölner Sprachschatz auch eine kulturhistorische Quelle zu werden verspricht. Auch der Gebrauch der Fremdwörter wird einbegriffen.'

Über den Fortgang der Arbeiten am '**Hessen-Nassauischen Wörterbuch**' berichtet Prof. Ferd. Wrede in Marburg das Folgende:

'Die Verzettelung der wissenschaftlichen Literatur über die Mundarten des Wörterbuchbezirkes ist im Berichtsjahr fortgesetzt worden, so daß der Apparat jetzt gegen 25000 Wörter umfaßt. Die Vereinigung der Arbeit am Wörterbuch mit der am Sprachatlas des Deutschen Reichs unter demselben Dache sichert für jene eine stetige dialektgeographische Orientierung. Eine ganze Reihe von Verfassern neuer dialektologischer Dissertationen, die in Marburg und Gießen im letzten Jahre entstanden, vermehrt die Zahl zuverlässiger Helfer. Und so dürfte denn für das Hessen-Nassauische Wörterbuch, das nunmehr definitiv das schön abgerundete Gebiet der preußischen Provinz Hessen-Nassau, des rheinischen Kreises Wetzlar und der Hessen-Darmstädtischen Provinz Oberhessen umfassen soll, eine besonders günstige wissenschaftliche Grundlage geschaffen sein.

Dagegen hat mit der Agitation und Sammeltätigkeit im Lande selbst erst eben begonnen werden können, da sie für mich abhängig sein mußte von der endgültigen Genehmigung des Herrn Ministers, meine dienstliche Tätigkeit zwischen Sprachatlas und Wörterbuch zu teilen. Diese ist im August eingetroffen. Im Herbst fand dann in Marburg eine Konferenz von etwa 20 Herren aus allen Teilen des Wörterbuchbezirks statt, auf der ein wertvoller und dankenswerter Meinungsaustausch über die wichtigsten Organisationsfragen stattfand (Benutzung der Presse, Vorträge in den Vereinen, Sammelzentralen, Abfassung der Fragebogen, Transkription u. a.). Vorher schon hatte Hr. Dr. Kroh durch Vorträge auf Lehrerversammlungen vornehmlich im Westerwalde rührig und erfolgreich für die Mitarbeit am Wörterbuch gewirkt und allein von dort gegen 150 Adressen hilfsbereiter Herren heimgebracht. In den übrigen Teilen des Wörterbuchbezirkes hat eine ähnliche Werbetätigkeit jetzt eingesetzt.

Bis zum 1. Oktober haben die HH. Dr. Kroh (aus dem Nassauischen) und Corell (aus dem Kurhessischen) als Assistenten dem Wörter-

buch wertvolle Dienste geleistet. Dann schieden beide aus, jener um sein Seminarjahr in Weilburg anzutreten, dieser um sich ganz der Vorbereitung für das Doktorexamen widmen zu können. Jener bleibt damit im Wörterbuchgebiet und wird auch von Weilburg aus für uns wirken können. Dieser will nach dem Examen, d. h. voraussichtlich noch in diesem Winter, als Assistent zum Wörterbuch zurückkehren. In der Zwischenzeit wurde und wird an diesem wechselnd von den HH. Dr. Wix, Dr. Bromm, Dr. Kaupert dankenswerte Hilfsarbeit geleistet und ihnen damit zugleich genauerer Einblick in Anlage und Apparat des Unternehmens gewährt.

Mit besonderem Danke dürfen wir schon heute über wertvolle Zuwendungen an das Wörterbuch berichten. Frau Geheimrat von Münstermann in Berlin hat uns aus dem Nachlaß ihres Schwiegervaters, des verstorbenen Geheimrats Franz Ludwig Mittler in Cassel, des Herausgebers der »Deutschen Volkslieder« (1854, 2. Ausg. 1865), umfangreiche Sammlungen überwiesen, die nach der Benutzung für das Wörterbuch in den Besitz der Akademie übergehen sollen; namentlich die große alphabetisch geordnete Sammlung von Sprichwörtern und Redensarten nebst Angabe zahlreicher Parallelstellen wird dem Wörterbuch von Wert sein. Ferner hat Hr. Lyzealdirektor Dr. Schoof in Hersfeld, dessen Name in der hessischen Mundartenforschung längst einen guten Klang hat, auf die geplante Herausgabe eines Schwälmer Idiotikons verzichtet und sein reiches Material dem Hessen-Nassauischen Wörterbuch alsbald zur Verfügung gestellt. Für beide kostbaren Zuwendungen sei den uneigennützigen Gebern auch hier aufrichtig gedankt. Über die Erwerbung einiger weiterer Privatsammlungen wird zur Zeit noch verhandelt.'

Über den Stand des '**Preußischen Wörterbuches**' teilt Hr. Privatdozent Dr. Walther Ziesemer in Königsberg das Folgende mit:

'Am 1. August 1912 begann Hr. Dr. Walther Mitzka, der durch seine Dissertation 'Studien im ostpreußischen Niederdeutschen nördlich vom Ermland' seine Fähigkeit für mundartliche Arbeiten gezeigt hat, seine Tätigkeit als Assistent am Preußischen Wörterbuch; er ist zugleich seit dem 1. Oktober Seminarkandidat am Kgl. Hufengymnasium. Als Hilfsarbeiterin ist Frl. Kirschnick seit dem 15. Mai tätig.

Unsere Arbeit erstreckte sich im wesentlichen auf Aufnahmen des Sprachschatzes aus den lebenden Mundarten. Die Zahl der Sammler hat sich auf etwa 300 erhöht. Unter ihnen haben besonders wertvolle Materialien gesandt: Frl. von Batocki (Tharau), Pfarrer Coekoll (Tannsee), Kandidat Dr. Grübner (Königsberg), Kandidat Kerner (Königs-

berg), Lehrer Kirstein (Lampasch b. Pr.-Eylau), Oberprimaner Lawetzky (Braunsberg), Lehrer Lehmann (Bobau, Westpr.), Dr. Lorentz (Karthaus), Schriftsteller Mankowski (Danzig), Vikar Moderegger (Haffstrom), Frl. Müller (Landeck), Lehrer Morgenroth (Pr.-Holland), Lehrer Podehl (Pr.-Eylau), Lehrer Popien (Kerwienen), Oberlehrer Dr. Rink (Danzig), Mittelschullehrer Schlenger (Königsberg), Hauptlehrer Sonntag (Sakuten), Gymnasialdirektor Dr. Stuhrmann (Dt.-Krone), Lehrer Thormann (Aulowönen), cand. phil. Werner (Königsberg).

Es ist sehr dankenswert, daß einige Kreisschulinspektoren, bes. Hr. Schulrat Rieve (Pr.-Stargard), werbend für unsere Arbeit tätig gewesen sind und daß auch einige Lehrervereine (bes. Heilsberg, Lehrer Kraski) eine Sammeltätigkeit in ihren Bezirken veranstaltet haben.

Gedruckte mundartliche Literatur haben wir im vergangenen Jahr nur wenig in Angriff genommen, doch wurden bearbeitet: Boldt, Ut'm Noatangsche; Hirschfeld, Heern Se mal (Prof. Dr. Brandes [Dt.-Krone]); Königsberger Illustrierte Zeitung 1912 (Oberlehrer Dr. Bauszus), Reichardt, Offene Briefe; Trescho, Religion, Freundschaft und Sitten; Trescho, Geschichte meines Herzens (Apotheker Sembritzki [Memel]); Preußische Provinzialblätter I—XX (Dr. Mitzka). An handschriftlichen Sammlungen stellte uns die Direktion der hiesigen Kgl. Universitätsbibliothek aus dem Nachlasse Frischbiers eine sehr umfangreiche Sammlung Mühlings zur Verfügung, die Frischbier für sein Wörterbuch reichlich benutzt, aber nicht ausgeschöpft hat. Hr. Direktor Dr. Maydorn (Thorn) übersandte uns seine früher für ähnliche Zwecke veranstalteten Exzerpte aus den Preußischen Provinzialblättern.

So beläuft sich die Zahl der bisher eingeordneten Zettel auf etwa 60000.

Mit bestem Dank buchen wir eine Zuwendung an das Wörterbuch von der Redaktion der »Danziger Neuesten Nachrichten«, die uns die wöchentlich seit 5 Jahren unter dem Pseudonym Poguttke erschienenen mundartlichen Artikel überwiesen hat und die weiter erscheinenden jedesmal übersendet.

Im Frühjahr 1912 hat sich im Anschluß an die Altertumsgesellschaft Prussia eine volkskundliche Abteilung gebildet, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, das gesamte volkskundliche Material im alten Ordensland Preußen zu sammeln. Der Vorstand der volkskundlichen Abteilung hat sich gern bereit erklärt, die bei ihm einlaufenden sprachlichen und volkskundlichen Materialien für das Wörterbuch zur Verfügung zu stellen.

Der erste Fragebogen, der im wesentlichen Fragen nach einigen landwirtschaftlichen Dingen enthält, ist fertiggestellt und soll im Laufe des Januar versandt werden.'

Aus der Centralsammelstelle des '**Deutschen Wörterbuchs**' in Göttingen meldet ihr Leiter Dr. Joh. Lochner:

'Seit dem 30. September befindet sich die Centralsammelstelle im neuen Seminargebäude der Universität Göttingen Nikolausbergerweg 13—15, in dem sie auf Grund eines Vertrages mit dem Direktor des Orientalischen Seminars, Hrn. Prof. Sethe, die diesem zugedachten zwei Räume bezogen hat. Außerdem wurde ihr ein Teil des Direktorzimmers des Deutschen Seminars zur Aufstellung des erledigten Zettelmaterials von Hrn. Geheimrat Prof. Edw. Schröder zur Verfügung gestellt.

Die längere Zeit offengebliebene Stelle des dritten Assistenten ist am 29. Januar 1912 durch Hrn. S. Jabusch wieder besetzt worden.

Das Schwergewicht der Arbeiten lag auch in diesem Jahre in dem auswärtigen Excerpierungsgeschäft, zumal die Akademie auf eine möglichst schnelle Beendigung dieser Arbeit drängte. Es wurde deshalb die Anzahl der Excerptoren so vermehrt, daß zeitweilig über 100 arbeiteten, und deren Leistung derart hochgetrieben, daß etwa zum April 1913 der Abschluß erreichbar war. Gegen Ende Oktober wurde dann aber auf eine Anweisung von Berlin den Excerptoren mit einer kurzen Ausschlußfrist gekündigt. So mußten von den noch zu bearbeitenden Bänden zunächst 966 gänzlich, 40 teilweise unbearbeitet bleiben. Doch ist ins Auge gefaßt, später mit den als besonders zuverlässig erkannten Excerptoren über die Erledigung der wichtigsten Restbestände zu verhandeln.

Die Sammlung der CSSt. umfaßt jetzt 1813000 Belege, von denen 1477000 von insgesamt 395 Excerptoren, 203000 aus altem Material, 133000 aus den »Lexik. Hilfsmitteln« stammen (gegen das Vorjahr + 430000).

Die CSSt. ist nunmehr, wenn auch auf etwas abrupte Weise, an dem Punkte angelangt, wo sie, von dem zeitraubendsten Teile ihrer Aufgaben befreit, sich völlig den andern widmen kann: der eigenen Excerpierarbeit und der direkten Unterstützung der Mitarbeiter.

Es sind in diesem Berichtsjahre von uns direkt 33000 Belege excerpiert worden. Erledigt sind von den »Lexik. Hilfsmitteln« 188 Bände, für die übrigen etwa 1400 Bände dürften unter den jetzigen Verhältnissen noch 3—4 Jahre erforderlich sein. Es müßten dann aber dauernd drei Kräfte dafür eingestellt bleiben.

Während die Mitarbeiter bisher das Material nur nach den Stichwörtern geordnet erhielten, innerhalb des einzelnen Stichwortes aber keinerlei Ordnung herrschte, soll jetzt mit der sachlichen Ordnung der Belege ein Versuch gemacht werden. Die Belege sollen hierbei nicht nur nach Autoren, sondern auch nach den Hauptbedeutungs-

gruppen geschieden werden, wobei zugleich auf die Ausfüllung der immer noch vorhandenen empfindlichen Lücken Bedacht genommen wird. Um die hierzu nötige Übersicht zu gewährleisten, haben die HH. Dr. Lochner, Dr. Fischer und Jabusch die Materialerfordernisse von je fünf Mitarbeitern dauernd zu überwachen und über die gefundenen Lücken in Zeitabschnitten zu beraten unternommen. Zunächst wird für jeden Mitarbeiter das Material im Umfange etwa einer Lieferung bearbeitet, um vor allen Mitarbeitern einen gewissen Vorsprung zu bekommen. Dabei werden unklare Belege sofort collationiert, solche aus älteren Ausgaben nach den jetzt üblichen umcitiert u. a. m. Die Excerpiertätigkeit der CSSt. wird dabei mehr als bisher auf eine Ergänzung des bereits Vorhandenen Bedacht nehmen und überflüssige Arbeit vermeiden können. — Die CSSt. hat bisher alles bei ihr eingelaufene Material an die Mitarbeiter weitergegeben und es ihnen überlassen, nicht nur Belege, sondern auch Wörter völlig auszuscheiden. Sie wird vielleicht weiterhin in die Lage kommen, die Ausscheidung von zufälligen, überflüssigen und für das DWB. durchaus entbehrlichen Wörtern selbst vorzunehmen.

Die Mitarbeiter erhielten im Berichtsjahre wieder vierteljährlich je eine Sendung, zusammen etwa 70000 Belege. Auch hier wird jetzt eine Vereinfachung eintreten, insofern diese regelmäßigen großen Nachschübe nunmehr aufhören und nur noch das von der CSSt. selbst excerpierte Material den Mitarbeitern zugehen wird.

Zur Vereinfachung der Korrekturen und gleichmäßigeren Gestaltung des Druckes wurde den Mitarbeitern im Februar ein Circular über die einheitliche Einrichtung der Manuscripte, besonders in der Behandlung der älteren Belege und der Abkürzung der Quellentitel, zugesandt.

Ferner wurden wieder für die Mitarbeiter eine Reihe besonderer Aufträge erledigt, Umschreibungen, Collationierungen, besondere Sammlungen, zusammen etwas über 800 Zettel.

Die Schlußpartie des G (*go—gz*) ist zwischen den HH. Prof. Helm und Dr. Hübner so aufgeteilt worden, daß Prof. Helm die Reihe *go—graz*, Dr. Hübner, der jetzt definitiv in die Zahl der Mitarbeiter aufgenommen ist, den Rest *gre—gz* übernimmt. Ebenso haben die HH. Dr. Meyer und Dr. Crome, die den Schluß des S bisher gemeinsam bearbeiteten, sich dahin geeinigt, daß jener die Reihe *ste—stiz*, dieser den Rest *sto—sz* behandeln wird.

Im Berichtsjahre sind erschienen:

für G: (Bd. IV Abt. 1) von Prof. Wunderlich die 1. Lieferung des 4. Teiles (*gewöhnlich—Gewühl*);

für S: (Bd. X Abt. 2) von Dr. Crome und Dr. Meyer die 8. und 9. Lieferung (*Staupe—stehen*);
» U: (Bd. XI Abt. 3) von Prof. Euling die 1. Lieferung (*Un—unansichtig*);
» V: (Bd. XII Abt. 1) von Prof. Meiszner und Dr. Leopold die 8., von Dr. Leopold allein die 9. Lieferung (*versitzen—verstehen*);
» W: (Bd. XIV Abt. 1) von Prof. Götze die 2. Lieferung (*Wehr—Wehtag*).

Im Druck befinden sich: von Dr. Meyer Lieferung 10 von Bd. X 2, von Dr. v. Kralik Lieferung 4 von Bd. XI 1, von Prof. Dollmayr Lieferung 1 von Bd. XI 2, von Prof. Meiszner Lieferung 1 von Bd. XII 2, von Prof. v. Bahder Lieferung 11 von Bd. XIII, von Prof. Götze Lieferung 3 von Bd. XIV 1, von Prof. Sütterlin Lieferung 1 von Bd. XIV 2, von Prof. Seedorf Lieferung 1 von Bd. XV und von Prof. Rosenhagen Lieferung 1 von Bd. XVI.

Im ganzen sind also 7 Lieferungen erschienen und 9 im Druck (davon 2 im Satz abgeschlossen).

Forschungen zur neuhochdeutschen Sprach- und Bildungsgeschichte.

Bericht des Hrn. Burdach.

Über das Fortschreiten des Werkes *Vom Mittelalter zur Reformation, Forschungen zur Geschichte der deutschen Bildung* ist folgendes mitzuteilen. Im Oktober 1912 wurden zwei Teile (II. Band, 3. 4) veröffentlicht: *Briefwechsel des Cola di Rienzo*, herausgegeben von Konrad Burdach und Paul Piur, dritter Teil (Kritischer Text, Lesarten, Anmerkungen) und vierter Teil (*Anhang: Urkundliche Quellen zur Geschichte Rienzos; Oraculum angelicum Cyrilli. Kommentar des Pseudo-Joachim*). Der kulturgeschichtliche erste Teil der Rienzoedition (*Rienzo und die geistige Wandlung seiner Zeit*), vom Berichterstatter, steht im Reindruck beim 21. Bogen, im Satz beim 31. Bogen. Der zweite Teil (*Einleitung: Beschreibung der Handschriften und Darstellung des handschriftlichen Nachlebens der Briefe Rienzos* von K. Burdach und P. Piur) befindet sich gleich dem fünften Teil (Historischer, sachlicher und literarischer *Kommentar* von K. Burdach, F. Kühn, P. Piur; *Glossar* von Artur Müller) im Stande eifriger Vorbereitung. Dieser kommt es zugute, daß Oberlehrer Dr. Piur, der seit dem 1. Oktober 1912 einen ministeriellen Urlaub auf ein Jahr erhalten hat zu wissenschaftlicher Arbeit am Kgl. Preußischen Historischen Institut in Rom, dort neben der Arbeit an seiner voraussichtlich in den Publikationen des Historischen Instituts erscheinenden kritischen Ausgabe von Petrarcas Briefsammlung *Sine nomine* bemüht ist, die Beschreibung der von uns benutzten italienischen Handschriften für

die Rienzoedition wie für den seit Jahren vorbereiteten IV. Band des am Eingang erwähnten Werkes (*Petrarcas Briefwechsel mit deutschen Zeitgenossen*) durch Autopsie zu sichern und zu ergänzen, auch unser handschriftliches Material tunlichst zu vermehren. Zu diesem Zwecke hat er, nachdem er bei Durchsicht und Ausnutzung der römischen, insbesondere der vatikanischen Bestände einen vorläufigen Abschluß erreichen konnte, soeben eine etwa 10- bis 14 tägige Reise nach Padua, Mantua, Modena und Florenz zur Durchforschung einiger in den dortigen Archiven und Bibliotheken aufbewahrten Handschriften von Rom aus angetreten. So bleibt Dr. Piur auch während seines römischen Urlaubsjahres unmittelbar im Interesse der akademischen Unternehmung des Berichterstatters tätig; ermöglicht ist das nur durch das dankenswerte Entgegenkommen und Interesse des Leiters des Historischen Instituts in Rom, des Hrn. Geh. Reg.-Rats Prof. Dr. Kehr. Vom ersten Teil des III. Bandes (*Der Ackermann aus Böhmen*, herausgegeben von Alois Bernt und Konrad Burdach) ist Einleitung, kritischer Text mit Lesarten, Glossar im Druck vollendet (20 Bogen), das Manuskript der überwiegend sprachlichen und exegetischen, von Bernt verfaßten Anmerkungen ist im wesentlichen druckfertig, dasjenige der vom Berichterstatter herzustellenden Anmerkungen dem Abschluß nahe. — Für den ersten Teil des V. Bandes (*Ein schlesisch-böhmisches Formelbuch aus der Wende des 14. Jahrhunderts*) hat Dr. Fritz Schillmann die Handschrift eines verwandten Formelbuchs beigesteuert, die er bei seinen Nachforschungen im Auftrage der von der Münchener Akademie der Wissenschaften ernannten Kommission für die Herausgabe der mittelalterlichen Bibliothekskataloge Deutschlands und der Schweiz gefunden hatte. Der Berichterstatter übertrug ihm danach die Aufgabe, den kritischen Ertrag dieses Fundes zur Ergänzung des bereits im Satz stehenden Textes jenes Bandes herzurichten. Auch hat er zur Ermittlung weiterer urkundlicher, lokalgeschichtlicher Nachrichten über die in den beiden Formelbüchern genannten Ortschaften und Personen im Oktober 1912 auf einer zehntägigen Forschungsreise die Archive von Breslau, Königgrätz, Schweidnitz, Bautzen besucht. Die Ergebnisse dieser Feststellungen werden gegenwärtig von ihm in das der Hauptsache nach längst abgeschlossene Manuskript der vom Berichterstatter verfaßten Einleitung dieses Bandes eingearbeitet. — Für die vorbereitete Ausgabe der deutschen Übersetzungen geistlicher lateinischer Werke sowie der geistlichen lateinischen Prosaschriften und Gedichte von Johann von Neumarkt, dem Kanzler Karls IV., hat Oberlehrer Dr. Joseph Klapper (Breslau) mit lebhaftem Eifer und bestem Erfolge die Sammlung des über Erwarten reichen handschriftlichen Materials fortgesetzt und für die an erster Stelle zu edierenden Werke

dem Abschluß nahegebracht. KLAPPER unternahm auf Grund der vom Berichterstatter in den Jahren 1897—1899 aus den Bibliotheken Schlesiens, Böhmens, Mährens und Österreichs gesammelten Materialien, die er gemeinsam mit jenem bei zweimaligen Aufenthalt in Berlin geprüft und dann zum Teil auch zu Hause in Breslau benutzt hat, vom 4. bis 29. Juli 1912 eine ertragreiche Reise nach Olmütz, Raigern, Hohenfurth, Melk, Wien. Die für die erste Publikation noch durchzuarbeitenden Handschriften sollen bis zum Frühling erledigt sein. — Die Ausgabe der *Werke Heinrichs von Mügeln* ist noch weit im Rückstande: der Bearbeiter der Ungarnchronik, Dr. VIKTOR DOLLMAYR, war durch seine Tätigkeit im Schulamt und durch andere wissenschaftliche Verpflichtungen abgehalten. Auch für die nächste Zukunft wird von ihm noch kaum eine energische Förderung dieser Edition zu erhoffen sein, da er soeben als außerordentlicher Professor der deutschen Sprache und Literatur an die Universität Lemberg berufen worden ist.

Die Materialsammlung zur Ergänzung und Fortführung der vom Berichterstatter vor Jahren teils in dem umfänglichen Manuskript einer gekrönten Preisschrift, teils in einer geordneten Zettelmasse niedergelegten grammatischen Darstellung der *Sprache des jungen Goethe* hat in der letzten Zeit wiederholt unterbrochen werden müssen und ruhte zuletzt ganz. Gymnasialprofessor Dr. HEINRICH ANZ, der diese Aufgabe übernommen hatte, konnte, durch seinen amtlichen Dienst stark gebunden, die für sie nötige Zeit und Kraft nicht immer erübrigen. Er sah sich daher am Schluß des Berichtsjahres leider zu der Bitte gezwungen, um der weitschichtigen Arbeit eine größere Kontinuität und einen schnelleren Abschluß zu sichern, von seiner Person zur Zeit abzusehen und ihn durch einen geeigneten jüngeren Gelehrten zu ersetzen, der unbehindert durch andere Pflichten sich diesem Unternehmen ausschließlich widmen kann. Doch hat er zugesagt, nicht nur bei der bevorstehenden Übergabe des Materials, sondern, soweit es wünschenswert sein wird, auch künftig der Förderung des Werkes nach Möglichkeit zu dienen. Die Arbeit wurde von ihm aufgenommen im April 1905. Behandelt und erledigt wurden seit dieser Zeit im Einvernehmen mit dem Berichterstatter und nach dem von diesem festgestellten Plan die Briefe Goethes bis zum Ende des Jahres 1775, Götz von Berlichingen, Concerto drammatico, Prolog zu den neuesten Offenbarungen Gottes, Götter Helden und Wieland, Prolog zum moralisch-politischen Puppenspiel, Des Künstlers Erdewallen, Künstlers Vergötterung, Mahomet, Jahrmarktsfest zu Plundersweilern, Pater Brey, Der ewige Jude, Prometheus, Satyros, Hanswursts Hochzeit, Erwin und Elwire, Anekdote zu den Freuden des jungen Werthers, Claudine, Hans Sachsens poetische Sendung, der Weimarische

Faust der Abschrift des Fräulein von Göchhausen (sogenannter 'Urfaust'), endlich der größere Teil der Mitschuldigen. Das von Heinrich Anz gesammelte Material umfaßt alle grammatischen Kategorien von den Sprachlauten bis zu den letzten Feinheiten der Syntax und des Wortschatzes, auch einige an das Stilistische grenzende Erscheinungen, schließt aber alles rein Stilistische aus: es liegt in annähernd 29000 Zetteln vor, die nach den mit dem Berichterstatter vereinbarten Kategorien übersichtlich in 3 Kasten geordnet und mit einem Nachweis des Arbeitsplans wie der im einzelnen bei der Textbenutzung befolgten Methode versehen wurden. Wie schon früher an dieser Stelle hervorgehoben worden ist (Sitzungsberichte 1910 S. 93), hat Prof. Anz lediglich aus wissenschaftlichem Interesse für die Sache und für die ihr vom Berichterstatter seit Jahrzehnten gewidmete Bemühung in einem freien Arbeitsverhältnis ohne den Zwang einer Verpflichtung dem Unternehmen sich zur Verfügung gestellt; die Akademie wird ihm für die ohne jede materielle Entschädigung geleisteten wertvollen Dienste ehrenden Dank nicht versagen.

Humboldt-Stiftung.

Bericht des Hrn. Waldeyer.

Das bisherige Stiftungskuratorium, bestehend aus den HH. Branca, P. von Mendelssohn-Bartholdy und Waldeyer, wurde wiedergewählt; zu diesen treten satzungsgemäß als ständige Mitglieder die HH. Wirklicher Geheimer Oberregierungsrat Dr. Fr. Schmidt als Stellvertreter des Hrn. Kultusministers und der Oberbürgermeister von Berlin, zur Zeit Hr. Wermuth, Exz., an Stelle des im Laufe des Jahres 1912 verstorbenen Hrn. Kirschner.

Hr. Dr. von Buttel-Reepen, dem im vergangenen Jahre die Mittel der Stiftung bewilligt worden waren, setzt seine Forschungsreise zur Zeit noch fort. Aus früheren Bewilligungen erschienen als Ergebnisse: Bd. 2 Fa und 2 Gf der Ergebnisse der Planktonexpedition, enthaltend die Cephalopoden nebst Atlas von G. Pfeffer und die Corycaeinen von M. Dahl. Kiel und Leipzig 1912; Leonhard Schultze, Zoologische und anthropologische Ergebnisse seiner Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika 1903—1905. Bd. 5, Lief. 1. Jena 1912; W. Volz, Nordsumatra. Bd. 2. Berlin 1912; W. Sievers, Die heutige und die frühere Vergletscherung Südamerikas. Leipzig 1911.

Für das Jahr 1912 standen zur Verfügung 8500 Mark. Davon wurden bewilligt 2000 Mark an Hrn. Prof. Dr. Bücking zu Straßburg i. Els. zur geologischen Erforschung des südöstlichen Rhöngebietes und zur Herstellung einer geologischen Übersichtskarte des gesamten Rhön-

gebietes. Damit werden die betreffenden, wiederholt von der HUMBOLDT-Stiftung unterstützten Untersuchungen ihren Abschluß erreicht haben. Ferner wurden 6500 Mark bewilligt an den Privatdozenten Dr. BLUNTSCHLI in Zürich zur Ausführung einer anatomisch-ethnologischen und zoologischen Forschungsreise in Südamerika. Der Teil dieser Reise, welcher das obere Amazonasgebiet zum Ziel hat, wird als besonderes Unternehmen der HUMBOLDT-Stiftung ausgeführt werden. Inzwischen sind aus diesem Reisegebiete schon mehrere günstige Berichte des Hrn. Dr. BLUNTSCHLI, der sich zur Zeit auf der Rückreise befindet, eingegangen.

Für 1913 werden 10700 Mark zur Verfügung stehen.

SAVIGNY-Stiftung.

Bericht des Hrn. BRUNNER.

Von dem zweiten Bande des Vocabularium Jurisprudentiae Romanae, welchen Hr. Direktor GRUPE in Buchsweiler bearbeitet, ist das zweite Heft beinahe vollendet. Die Bogen 11—19, welche den umfangreichen Artikel »et« enthalten, liegen gedruckt vor. Bogen 20 (Artikel »ex«) ist im Manuskript hergestellt und befindet sich in der Druckerei. Das Heft wird Anfang 1913 erscheinen.

Band III ist wegen Behinderung des Bearbeiters (cand. jur. ABRAHAM) nur wenig gefördert worden. Von Band IV (N—Q), den Hr. Referendar LESSER bearbeitet, sind fünf Bogen (nam—noceo) gedruckt. Das Manuskript für Bogen 6 befindet sich in der Druckerei. Für die weiteren Bogen ist die Arbeit so weit vorbereitet, daß das Erscheinen des ersten Heftes im Laufe des Jahres 1913 erwartet werden darf.

Von Band V (R—Z), den Hr. Referendar BORCHERS bearbeitet, ist der Druck bis Bogen 17 gefördert. Der letzte Bogen von Artikel »si«, der mehr als zwei Bogen füllt, steht im Satz. Weiteres Manuskript liegt bis zum Artikel »socius« vor. Voraussichtlich wird das zweite Heft des fünften Bandes noch im Jahre 1913 erscheinen. Den schwierigen Artikel »sum« hat der wissenschaftliche Leiter des Unternehmens Hr. Prof. KÜBLER in Erlangen unter seiner Aufsicht und Kontrolle soweit fördern lassen, daß mit der Reinschrift demnächst wird begonnen werden können. Vermutlich wird dieser Artikel erst im dritten Faszikel des fünften Bandes erscheinen.

Für die Neubearbeitung von HOMEYERS »Deutschen Rechtsbüchern des Mittelalters« hatte Hr. BORCHLING seinen Arbeitsanteil schon im verflossenen Jahre so weit erledigt, daß er sich darauf beschränken

konnte, die Zugänge des laufenden Jahres einzuarbeiten und einzelne Berichtigungen an dem vorhandenen Material vorzunehmen.

Hr. Julius von Gierke war durch anderweitige Arbeiten so sehr in Anspruch genommen, daß er nur die Zeit fand, kleinere Ergänzungen zu machen. Doch hofft er, seinen Arbeitsanteil im Laufe des nächsten Geschäftsjahres unschwer erledigen zu können.

Bopp-Stiftung.

Bericht der vorberatenden Kommission.

Die Kgl. Akademie der Wissenschaften hat am 16. Mai 1912 den Jahresertrag der Bopp-Stiftung in Höhe von 1350 Mark Hrn. Prof. Dr. Luigi Suali in Pavia zur Förderung seiner Prakritstudien zuerkannt.

Hermann und Elise geb. Heckmann Wentzel-Stiftung.

Bericht des Curatoriums.

Aus den im Jahre 1911 verfügbaren Erträgen der Stiftung wurden bewilligt:

6000 Mark zur Fortführung des Wörterbuchs der deutschen Rechtssprache;

4000 Mark zur Fortführung der Ausgabe der ältesten griechischen christlichen Schriftsteller;

4000 Mark zur Fortsetzung der Bearbeitung einer römischen Prosopographie des 4.—6. Jahrhunderts;

6000 Mark als zweite Rate für die Bearbeitung der Flora von Papuasien und Mikronesien.

Über die Arbeiten an der Kirchenväter-Ausgabe und der Prosopographie berichtet Anlage I, über das Deutsche Rechtswörterbuch Anlage II, über die Bearbeitung der Flora von Papuasien und Mikronesien Anlage III.

Von dem Voeltzkow'schen Reisewerk ist im Berichtsjahre kein neues Heft ausgegeben; doch befinden sich umfängliche Partien im Drucke. Von Prof. Philippson's »Topographischer Karte von Kleinasien« wurde die zweite Lieferung ausgegeben.

Am 1. Juli d. J. legte Hr. von Auwers sein Amt als beständiger Secretar nieder und schied damit zugleich aus dem Curatorium aus, das in ihm seinen langjährigen bewährten Vorsitzenden verlor, der, seit die Stiftung besteht, ihre Geschäfte mit schwer zu ersetzender Sorgfalt und Umsicht geführt hat. Den Vorsitz übernahm statutengemäß der bisherige Stellvertreter Hr. Roethe. An seine Stelle als Stellvertreter des Vorsitzenden trat der neu in das Curatorium gewählte Secretar der physikalisch-mathematischen Classe Hr. Planck.

Anl. I.

Bericht der Kirchenväter-Commission für 1912.

Von Hrn. Harnack.

1. Ausgabe der griechischen Kirchenväter.

Ausgegeben wurde:

die Kirchengeschichte des Philostorgius (herausgegeben von Bidez).

Im Druck befinden sich:

das Werk des Origines Περὶ ἀρχῶν (Koetschau),
die Demonstratio evangelica des Eusebius (Heckel) und
die Chronik des Hieronymus (Helm).

Von dem »Archiv für die Ausgabe der ältesten christlichen Schriftsteller« wurde ein umfangreiches Heft ausgegeben, nämlich:

Bd. VIII (XXXVIII) Heft 4: von Dobschütz, das Decretum Gelasianum.

Größere Unterstützungen erhielten die HH. Ehrhard und Klostermann.

Eine Bemerkung in den Comptes rendues der Académie des Inscriptions et Belles-Lettres (1911 Nov. S. 679) über die Ausgabe der Kirchengeschichte Theodorets von Hrn. Parmentier macht hier eine kurze Antwort nötig. »Une chose«, heißt es, »est à regretter dans l'œuvre considérable de M. Parmentier, c'est que la Kirchenväter-Commission de Berlin lui ait imposé d'écrire cent pages de prolégomènes dans un idiome qui n'est ni sa langue maternelle propre ni la langue internationale de l'érudition. Ce n'est pas lui qui répond de cet abus.« Die Kirchenväter-Commission hat, als sie ihre Aufgabe übernahm, eingehend erwogen, in welcher Sprache die Ausgabe erscheinen solle. Die Entscheidung fiel zugunsten der deutschen Sprache aus, weil eingezogene Erkundigungen ergaben, daß Engländer, Amerikaner, Skandinavier, Russen und Griechen die deutsche Sprache der lateinischen vorziehen. Dieser Tatsache gegenüber mußte die Rücksicht auf die romanischen Völker zurücktreten, zumal da vorauszusehen war, daß der Absatz der Ausgabe bei diesen erheblich geringer sein werde als bei jenen. Dieser Voraussicht hat der Erfolg recht gegeben. Nach Mitteilung des Herrn Verlegers gehen nach England und Amerika etwa 90 Exemplare, nach Frankreich 20. Der Kirchenväter-Commission gereicht es zu besonderer Freude, daß an ihrer Ausgabe nicht nur Deutsche, sondern auch Belgier, Finnländer und Amerikaner mitarbeiten; aber die Einheit der Ausgabe würde gesprengt werden, wenn die Kommission jedem gestatten würde, in seiner Sprache zu schrei-

ben, und es ist auch von keinem Mitarbeiter eine solche Forderung gestellt worden. Die »Sitzungsberichte« der Kgl. Akademie der Wissenschaften und das »Archiv für die Herausgabe der griechischen Kirchenväter« haben gerne auch fremdsprachigen Abhandlungen Aufnahme gewährt und werden es auch in Zukunft tun: ein Corpus scriptorum kann aber nur in einem und demselben Gewande erscheinen. Übrigens gibt es, man mag das bedauern oder nicht, keine alleinherrschende »langue internationale de l'érudition« mehr, sondern die Hauptkultursprachen sind in Wort und Schrift ihr zur Seite getreten. Auch ist die Kirchenväter-Commission nicht die erste gewesen, die das Lateinische zugunsten der heimischen Sprache hat fallen lassen. Schon vor 30 Jahren hat Lightfoot seine Ausgabe der apostolischen Väter in englischer Sprache veröffentlicht; Hr. Bidez hat in den »Byzantine Texts« seinen »Evagrius« mit einer englischen Einleitung, Hr. Boehmer die »Chronica fratris Jordani« mit französischer Einleitung in den »Collections d'études et de documents« (tom. VI) erscheinen lassen, und auch andere Editionswerke wären noch zu nennen.

2. Prosopographia imperii Romani saec. IV—VI.

Die unter Leitung der HH. Jülicher und Seeck stehenden Arbeiten, die nunmehr bereits auf dem fast vollständig gesammelten Material fußen, nahmen ihren Fortgang, indem einzelne größere Gruppen von Artikeln ausgearbeitet wurden.

Anl. II.

Bericht der Kommission für das Wörterbuch der deutschen Rechtssprache.

Von Hrn. Brunner.

Eine Sitzung der akademischen Kommission hat im verflossenen Jahre nicht stattgefunden.

Das in dem Berichte über das Jahr 1911 bereits angekündigte Quellenheft liegt gedruckt vor, wird aber im Buchhandel erst zugleich mit dem ersten Hefte des Rechtswörterbuches ausgegeben werden. Vorläufig ist es nur den Bearbeitern von Wortartikeln zugegangen, damit sie sich bei der Abfassung der Wortartikel danach richten können. Das Quellenheft umfaßt 87 dreispaltige Quartseiten. Es enthält die grammatischen Siglen und die Zeichen sowie die Abkürzungen, die im Wörterbuch für Quellen und Literaturangaben Verwendung finden. Voraussichtlich wird nach Vollendung des Rechtswörterbuchs ein ergänztes Quellenheft ausgegeben werden.

Über den Fortgang des Unternehmens berichtet der wissenschaftliche Leiter wie folgt:

Bericht des Hrn. Schroeder.

Der Bestand an Zettelauszügen hat, abgesehen von umfangreichen Beiträgen, die wir von der österreichischen und der schweizerischen Kommission erhielten, im Berichtsjahre nicht in dem Maße zugenommen wie in den früheren Jahren. Einerseits erlaubte die Reichhaltigkeit und Vielseitigkeit des Vorhandenen eine gewisse Beschränkung des Sammelns auf die wichtigeren, wertvolleren und selteneren Wörter, anderseits mußten die im Archive tätigen Kräfte infolge drängender anderer Aufgaben von der Sammelarbeit längere Zeit ganz absehen. Der Zettelschatz reicht Ende 1912 nahe an die Zahl 900000 heran.

Das Abkürzungs- und Quellenverzeichnis, das im Laufe dieses Jahres gedruckt wurde, ist zu einem eigenen reichhaltigen Quellenheft angewachsen, das die Ausarbeitung der Wortartikel merklich fördert.

Für das Ausarbeiten von Wortartikeln sind eine kleine Anzahl Fachgenossen geworben. Eine beträchtliche Reihe von Artikeln sind im Berichtsjahre fertiggestellt worden von auswärtigen Mitarbeitern, von den Mitgliedern der Kommission, der Schriftleitung und des Archivs.

Für freundliche Förderung unseres Unternehmens haben wir auch in diesem Jahre viel Dank zu sagen, so für gelegentliche Beiträge und Hinweise den HH. P. Abraham, Berlin; Prof. Dr. von Amira, München; Dr. Ferdinand Bilger, Graz; Prof. Bohnenberger, Tübingen; Landgerichtspräsident a. D. Christ in Heidelberg; Prof. Dr. G. Cohn, Zürich; Prof. Dr. R. Heinsheimer, Heidelberg; Prof. Dr. R. His, Münster i. W.; Prof. Dr. R. Hübner, Rostock; Prof. Dr. F. Liebermann, Berlin; Lehramtskandidat Curt Meiszner, Magdeburg; Geheimer Ministerialrat von Mühlenbruch, Schwerin; Privatdozent Dr. Ernst Perels, Berlin; Privatdozent Dr. Eugen Rosenstock, Leipzig; Sammelstelle des Deutschen Wörterbuches, Göttingen; Dr. R. Salomon, Berlin; Prof. Dr. Ulrich Stutz, Bonn; Prof. Dr. Sütterlin, Heidelberg; Prof. Dr. Thommen in Basel; Prof. Dr. Werminghoff, Königsberg i. Pr.; Prof. Dr. J. Wille, Heidelberg; Prof. Dr. F. von Woess, Innsbruck.

Verzeichnis der im Jahre 1912 ausgezogenen Quellen.

Die schweizerischen Beiträge sind mit *, die österreichischen mit ** bezeichnet.

Anklamer Fischerinnung, Statuten 14. 15. Jahrh.: Frau Frida Schröder, Heidelberg.
*Anzeiger für schweizerische Geschichte. I.: cand. jur. Fritz Segesser, Bern.
**Archiv český 24: jur. Ferdinand Pfeifer, Prag.
Arnsburger Urkundenbuch: cand. jur. Max Reisinger, München.
*Bern in seinen Ratsmanualen, hrsg. B. Haller: jur. E. Wyss, Bern.
*Berner Stadtrechnungen: jur. W. Lüthi, Bern.
**Bluemblacher, Tractat vom Anlaitrecht, Salzburg 1721: Prof. Dr. M. Lederer, Wien.
Brandenburgische Waldordnung für Ansbach: Dr. W. Diess, München.
Bremische Polizeiordnung 1693: Admiral a. D. Bacher, Heidelberg.

Breslauer Urkundenbuch: G. Böttcher, Steglitz.
**Bretholz, Geschichte der Stadt Brünn I.: Guido Kisch, Prag.
Briefe Friedrichs des Frommen, hrsg. Kluckhohn: Admiral a. D. Bachem, Heidelberg.
Briefe des Pfalzgrafen Johann Casimir, hrsg. v. Bezold: Admiral a. D. Bachem.
K. Bruns, Volkswörter der Provinz Sachsen: Dr. v. Künssberg und J. Berger.
**Brüxer Stadtbuch, hrsg. Schlesinger: Ingenieur Dr. jur. Rudolf Zankl, Brüx.
Codex diplomaticus majoris Poloniae, Posen 1877—81: Dr. Joh. Brause, Posen.
Clarenberger Urkundenbuch: Lehramtskandidat Otto Rusch, Frankfurt a. O.
**Codex juris Bohemici, hrsg. Jireček I 1.: Guido Kisch, Prag.
Codex Maximilianeus Bavaricus: Gertrud Frfr. v. Schwerin, München.
Coesfelder Urkundenbuch: G. Böttcher, Steglitz.
Dangkrotzheim, Das heilige Namenbuch: Dr. A. Elsässer, Heidelberg.
L. Demme, Nachrichten und Urkunden zur Chronik von Hersfeld: Prof. Dr. G. Frommhold, Greifswald.
H. Stenger, Verfassung ... der Reichsstadt Donauwörth 1909: Dr. v. Künssberg, Heidelberg.
Dortmunder Urkundenbuch I.: cand. jur. Gottlob, Münster i. W.
Flersheimer Chronik hrsg. Waltz: Dr. Högen, Mannheim.
Fock, Rügensch-Pommersche Geschichten: Admiral a. D. Bachem, Heidelberg.
Frauenstädt, Blutrache und Totschlagsühne: jur. H. Ehnert, Leipzig.
**Fontes rerum Austriacarum II. 2. 4. 5. 7. 8. 9. 12.—15. 17. 25.—27. 30. 32. 38. 47. 58.—62.: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
Freiburger Diözesanarchiv 31. 32. 33.: Lehramtspraktikant Hans Poppen, Heidelberg.
Fuchs, Untergang des Bauernstandes. Straßburg 1888: Assessor Alfred Berger, Rheinsberg.
Gengenbacher Stadtbuch: Dr. v. Künssberg, Heidelberg.
A. Gerlach, Chronik von Lauchheim: Dr. v. Künssberg.
Halberstädter Urkundenbuch, bearb. G. Schmidt: jur. M. Reisinger, München.
Urkundenbuch der Stadt Hannover: G. Böttcher, Steglitz.
van Helten, Zur westfriesischen Lexikologie: Dr. v. Künssberg.
Hessische Chronik. I.: Frau Frida Schröder, Heidelberg.
A. Heusler, Institutionen des deutschen Privatrechts: Frau Frida Schröder.
Höngger Meiergerichtsurteile, hrsg. Stutz: Dr. v. Künssberg und Frau Frida Schröder.
E. Huber, System und Geschichte des schweizerischen Privatrechts: Frau Frida Schröder.
Jahresberichte des historischen Vereins für Mittelfranken. 1.—56.: Ph. Thorn, Hamburg.
Jurisprudentia Frisica: Prof. Dr. R. His, Münster i. W.
Urkunden zur Geschichte der Stadt Kahla: G. Böttcher, Steglitz.
S. Kleemann, Beiträge zu einem nordthüringischen Idiotikon: Dr. v. Künssberg.
Kölner Stadtrechnungen des Mittelalters: Rechtsanwalt Dr. W. Diess, München.
Ch. König, Prozessus und Praktica der Gerichtsleuffte: Dr. W. Diess, München.
Der curiose ... Kunst- und Handwerksnotarius: M. Reisinger, München.
**Laibacher Malefizordnung: Dr. Rudolf Zankl, Brüx.
Liegnitzer Urkundenbuch: jur. H. Tannenbaum, Mannheim.
Loersch-Schröder-Perels, Urkunden zum deutschen Privatrecht: Prof. Dr. L. Perels, Heidelberg.
Mack, Der Sprachschatz Neidharts von Reuenthal: Dr. A. Elsässer, Heidelberg.
Der Magdeburger Kaufleute Brüderschaftsartikel: Dr. P. Kirschner, Steglitz.
Mannheimer Geschichtsblätter 1900. 1901: Frau Frida Schröder.
Festschrift für v. Martitz: M. Reisinger, München.
Memminger Stadtrecht: J. Berger, Rheinsberg und Dr. v. Künssberg.
Mitteldeutsche Fabeln, hrsg. K. Eichhorn: Dr. L. Kohler, Mährisch-Ostrau.
**Mitteilungen des nordböhmischen Exkursionsklubs 11.—31.: Dr. v. Künssberg.
Mitteilungen der geschichtsforschenden Gesellschaft des Osterlandes 4.—11.: Prof. Goepferich, Konstanz.
**Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 1.—8. 10. 12. 14: Dr. R. Zankl, Brüx.
Mitteilungen der Gesellschaft für deutsche Erziehungs- und Schulgeschichte. 1.—4.: Prof. Goepferich, Konstanz.
Monumenta Germaniae historica, Diplomata IV: Prof. Dr. L. Perels, Heidelberg.

Monumenta Groningana: M. Reisinger, München.
Th. Murner, Instituten: G. Böttcher, Steglitz.
Urkundensammlung zur Geschichte des Fürstentums Oels: G. Böttcher, Steglitz.
Oberrheinische Stadtrechte. I. 8: Frau Ida Berger, Rheinsberg. II.: Joh. Merkel, Leipzig.
**Orožen, Das Benediktinerstift Oberburg: Dr. M. Lederer, Bielitz.
Osnabrücker Gildeurkunden: stud. Schauer, Leipzig.
Ostfriesisches Urkundenbuch (beendigt): Dr. Georg Eschenhagen, Heidelberg.
Pommerellisches Urkundenbuch: G. Böttcher, Steglitz.
Deutsche Privatbriefe des Mittelalters: G. Böttcher, Steglitz.
*Quellen zur Schweizer Geschichte. 10.: Dr. Paul Mutzner.
**Quellen zur Geschichte der Stadt Kronstadt. 1—3.: Dr. A. Albrich, Hermannstadt.
**Quellen zur Geschichte Siebenbürgens aus sächsischen Archiven. I.: Dr. A. Albrich, Hermannstadt.
Querfurth, Kritisches Wörterbuch der heraldischen Terminologie: Dr. v. Künssberg.
**J. C. Hofrichter, Privilegien der Stadt Radkersburg: Prof. Dr. F. Ahammer, Leoben.
Radolfszeller Halsgerichtsordnung: Frau Frida Schröder, Heidelberg.
Revaler Zollbücher und Quittungen: G. Böttcher, Steglitz.
W. Richter, Geschichte der Stadt Paderborn. I.: Referendar Heinrich Mitteis, Zwenkau b. Leipzig.
E. Rosenstock, Ostfalens Rechtsliteratur: Privatdozent Dr. E. Rosenstock, Leipzig.
Ruprechts von Freising Stadt- und Landrechtsbuch (beendigt): Dr. v. Künssberg.
**Saazer Urkundenbuch: Dr. Rudolf Zankl, Brüx.
**Salzburger Bergwerksordnung 1551: Dr. Rudolf Zankl, Brüx.
**Salzburgische Chronica 1666: cand. jur. H. Frühe, Wien.
Saur, Fasciculus juris (beendigt): Dr. A. Elsässer, Heidelberg.
Schapper, Hofordnung usw.: Dr. phil. G. Schapper, Groß-Möringen, Kreis Stendal.
Siegel, Corpus juris cambialis (begonnen): Rechtsanwalt Dr. W. Diess, München.
Smend, Reichskammergericht. I.: Dr. v. Künssberg.
**Sonnenburger Urbar (Arch. f. österr. Gesch. 40.): Dr. R. Zankl, Brüx.
Spieß, Archivische Nebenarbeiten: M. Reisinger, München.
**Steiermärkische Geschichtsblätter: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
**Steirische Zeitschrift: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
Das zweite Stralsundische Stadtbuch: Frau Frida Schröder, Heidelberg.
**v. Strobl, Das Obersthofmarschallamt 1908: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
**Stülz, Geschichte des Chorherrenstiftes St. Florian: Prof. Dr. Ahammer.
*Tessiner Rechtsquellen: W. Stauffer, Bern.
**Tiroler Landesordnung 1526. 1532.: H. Frühe, Wien.
Von der stete ampten, hrsg. Vilmar: Dr. v. Künssberg und Frau Ida Berger, Rheinsberg.
R. Walter, Weistümer der Ortenau: Dr. v. Künssberg.
**Wartinger, Privilegien der Kreisstadt Bruck a. M.: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
**Wartinger, Privilegien des Marktes Eisenerz: Prof. Dr. Ahammer.
**Wartinger, Privilegien der Hauptstadt Graz: Prof. Dr. Ahammer.
**Wartinger, Privilegien des Marktes Tüffer: Prof. Dr. Ahammer.
Wasungen, Urkundenbuch von: G. Böttcher, Steglitz.
E. Wellander, die Bedeutungsentwicklung der Partikel *ab*: Dr. v. Künssberg.
Wernigerode, Urkundenbuch von: cand. jur. Hildermayr, München.
Westfälisches Urkundenbuch. III.: Dr. E. Molitor, Referendar Westrick, Münster i. W.
Wetzlarisches Urkundenbuch. I.: Dr. J. Brause, Posen.
**Wiener Neustädter Stadtrecht: Prof. Dr. Ahammer, Leoben.
W. Winkelmann, die rechtliche Stellung der außerhalb der Landeskirche stehenden Religionsgemeinschaften in Hessen: Frau Frida Schröder, Heidelberg.
Zehnter, Geschichte des Ortes Messelhausen: Admiral a. D. Bachem, Heidelberg.
**Zeitschrift für Bergrecht. 1871. 76. 81. 85. 90—93. 98. 1900. 01. 07.: Dr. R. Zankl, Brüx.
Zeitschrift für Rechtsgeschichte 1911: Dr. v. Künssberg.
Zeitschrift für Wortforschung 1912: R. Schröder und J. Berger, Rheinsberg.
*Züricher Rechtsquellen hrsg. Hoppeler. I.: cand. jur. Fritz Segesser, Bern.
*Züricher Stadtbücher. III.: stud. jur. E. Wyss, Bern.

Anl. III.

Bericht über die Bearbeitung der Flora von Papuasien und Mikronesien.

Von Hrn. Engler.

Nachdem das Kuratorium der Wentzel-Stiftung die erste Rate für die Bearbeitung der Flora von Papuasien und Mikronesien bewilligt hatte, setzte sich die Direktion des Botanischen Museums mit denjenigen Persönlichkeiten unserer in diesen Gebieten befindlichen Kolonien in Verbindung, von welchen eine Mitwirkung bei der Erforschung der Flora zu erwarten war. An 19 Stationsleiter, Ärzte, Lehrer und Missionare wurden insgesamt 50 Kisten mit Ausrüstungen zum Sammeln von Pflanzen abgesendet. Sodann wurde eine sehr umfangreiche Ausrüstung Hrn. Ledermann, welcher als Botaniker an der Kaiserin-Augusta-Fluß-Expedition teilnimmt, mitgegeben. Von letzterem sind nun auch schon 2040 Nummern eingetroffen.

Der Kaiserliche Gouverneur Exzellenz Dr. Hahl gab die Versicherung, daß er das Unternehmen einer Florenerforschung Neuguineas und der Inselgebiete aufs lebhafteste begrüßen und daß er die ihm unterstellten Beamten darauf hinweisen werde, sich nach Möglichkeit an dem Zusammenbringen von Sammlungen zu beteiligen.

Inzwischen wurde mit der Bearbeitung der Materialien begonnen, welche sich von früheren Expeditionen hier angesammelt hatten. Von hervorragender Bedeutung sind die Sammlungen Dr. Schlechters, welcher drei Jahre in Neuguinea zugebracht hatte, ausgezeichnet auch die Sammlungen des Missionars Hrn. Peekel in Neu-Mecklenburg. Dazu kommen die Sammlungen von Dr. Moszkowski, Prof. Dr. L. Schultze, Prof. Dr. Kraémer, Bezirksamtmann Fritz und Pater Raymundus. Unter Leitung der HH. Dr. Lauterbach und Dr. Schlechter wurde auch ein erster Beitrag zur Flora von Papuasien in Englers Botan. Jahrb. Bd. 49, umfassend 169 Seiten mit zehn Figuren, veröffentlicht; ein zweiter derartiger Beitrag befindet sich im Druck.

Akademische Jubiläums-Stiftung der Stadt Berlin.

Bericht des Hrn. Diels.

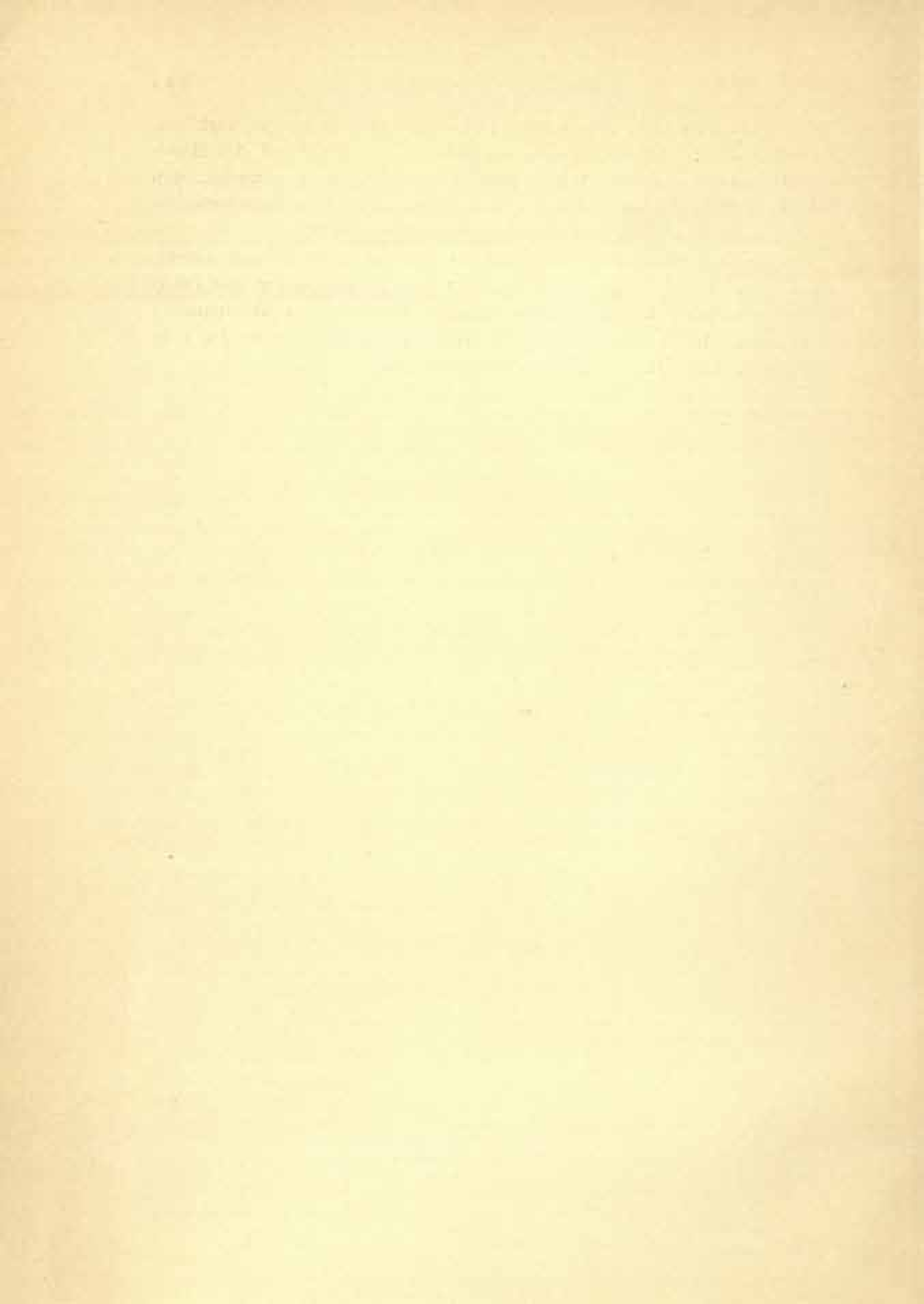
Das Kuratorium hat beschlossen, die Stiftungserträgnisse der abgelaufenen vierjährigen Periode 1909 bis 1912 für die Bearbeitung einer preußischen Münz- und Geldgeschichte von 1806 bis 1857 zu verwenden. Zur Ausführung dieses Werkes ist ein Vertrag mit Freiherrn Dr. von Schrötter abgeschlossen worden, der in den Acta Borussica bereits die preußische Münz- und Geldgeschichte des 18. Jahrhunderts bis 1806 dargestellt hat.

Es ist zu diesem Zweck eine runde Summe von 16000 Mark verfügbar, die teils für die Herstellung der Aktenauszüge und des Manuskripts, teils zur Publikation bestimmt sind. Es wird erwartet, daß das Werk auf zwei Bände beschränkt und innerhalb des Quadrienniums 1913 bis 1916 zum Abschluß gebracht werden kann.

Das Kuratorium für 1913 bis 1916 ist neu gewählt und konstituiert worden. Es umfaßt außer dem Oberbürgermeister der Stadt Berlin, Exzellenz Wermuth als ständigem Mitglied, die Akademiker: Hrn. Planck (als Vorsitzenden), Hrn. Waldeyer (Stellvertreter des Vorsitzenden), Hrn. Diels und Hrn. v. Schmoller.

Ausgegeben am 30. Januar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



1913.
V.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

30. Januar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

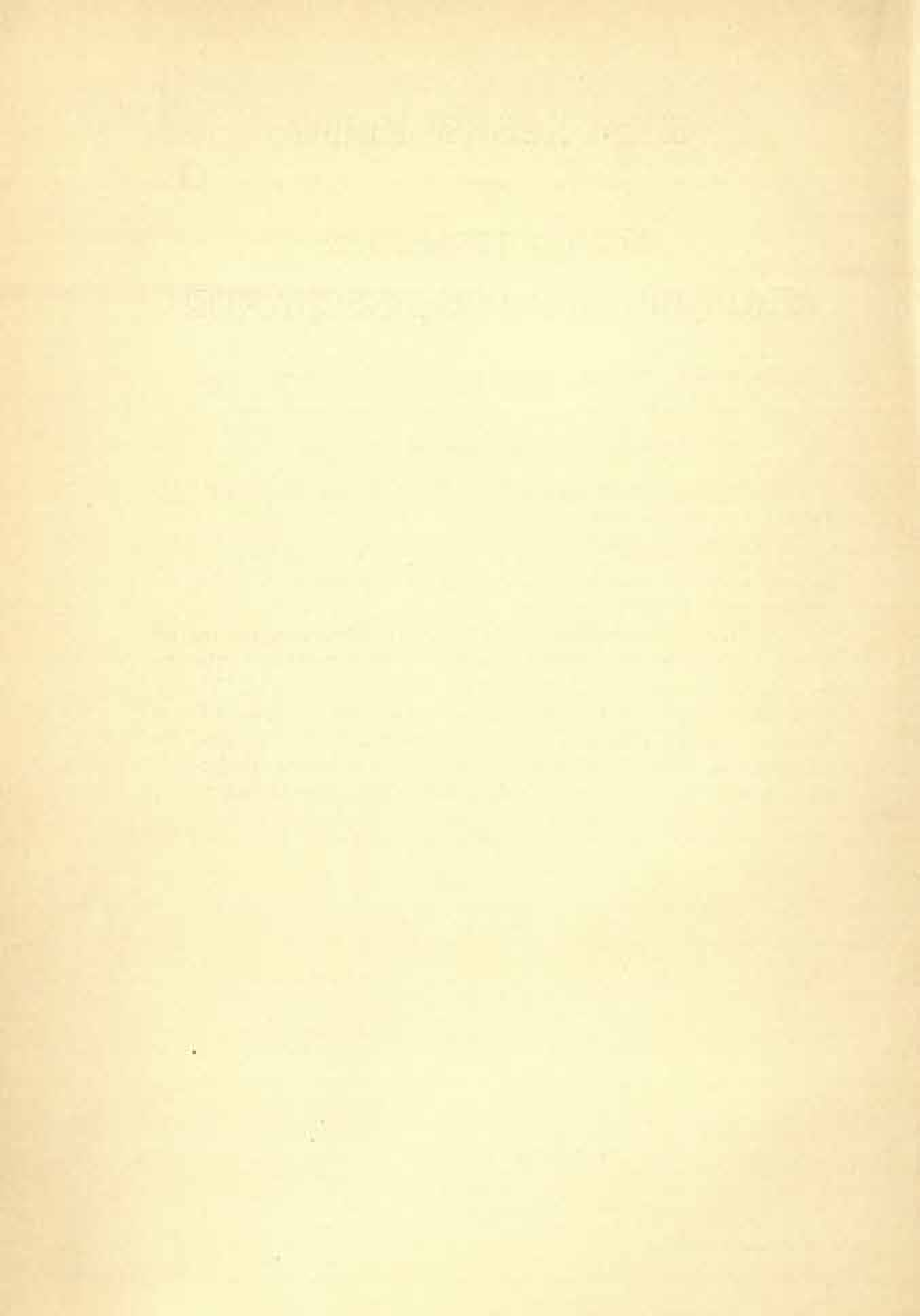
Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

1. Hr. Schuchhardt sprach über »Westeuropa als alter Culturkreis«. (Ersch. später.)

In Spanien, Frankreich und England folgt auf die Blüthe des Paläolithicums eine eigenartig ausgeprägte Cultur, die nach Deutschland hinein und im Mittelmeere bis nach Griechenland ausstrahlt und die vorindogermanische Schicht des westlichen und südlichen Europa charakterisirt.

2. Hr. Morf überreichte der Akademie zur Förderung der von ihr herauszugebenden mundartlichen Idiotika die »Bibliographie linguistique de la Suisse Romande par Louis Gauchat et Jules Jeanjaquet, Tome I« (Neuchâtel 1912) sowie das »Bulletin du Glossaire des Patois de la Suisse Romande« (Zurich 1902—1911), die »Questionnaires Nr. 1—227«, die »Rapports annuels de la rédaction« (1899—1911) sowie das »Projet d'arrangement du Glossaire des Patois de la Suisse Romande« (Zurich 1907).

Ausgegeben am 13. Februar.



1913.
VI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

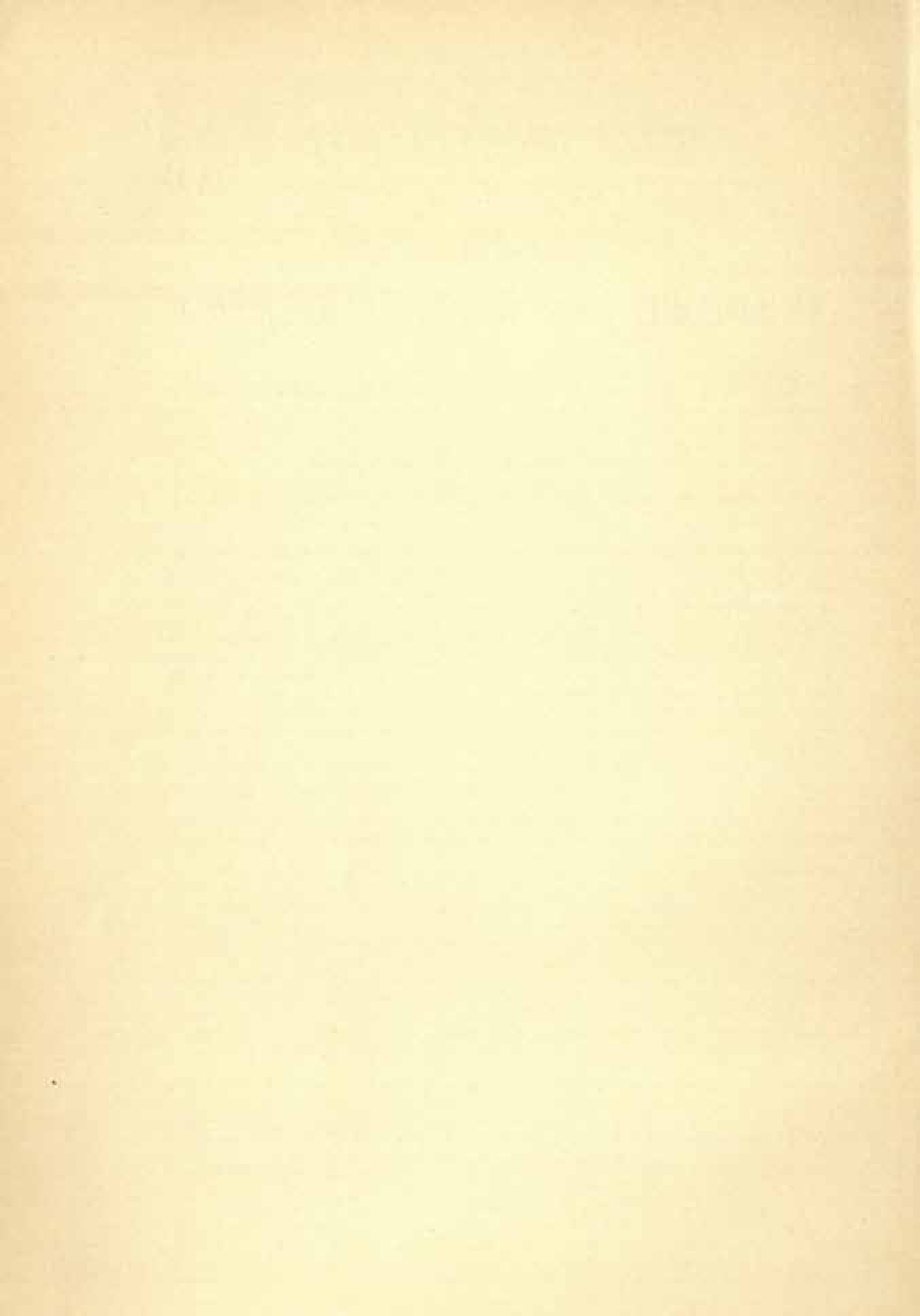
30. Januar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

Hr. Penck las über die Höttinger Breccie bei Innsbruck. (Abh.)

Er beschrieb eingehend deren Auflagerung auf Moräne im östlichen Weiherburggraben, beim Richardsbrunnen, im westlichen Weiherburggraben, im unteren und oberen Höttinger Graben und in der Mühlauer Klamm, wo in enger Schlucht über 100 m Breccie auf Moräne aufruhen. Zwischen Breccie und Moräne findet sich in der Regel eine lehmige Zwischenbildung, vielfach voller kohliger, häckselähnlicher Pflanzenreste, stellenweise mit Konchylien. Diese Zwischenbildung macht ebenso wie der Grenzverlauf mit seinen Einzelheiten ausgeschlossen, dass die Moräne nachträglich unter der Breccie abgelagert worden sei.

Ausgegeben am 13. Februar.



1913.
VII.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

6. Februar. **Gesammtsitzung.**

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Harnack las über den Geist der morgenländischen Kirche im Unterschied von der abendländischen.

Obgleich die beiden katholischen Kirchen in ihrem dogmatisch-sacramentalen und politisch-sociologischen Aufbau als wesentlich identisch erscheinen, hat sich doch ein sehr verschiedener Geist in ihnen ausgeprägt und bestimmt die Völker antithetisch, die unter ihrem Einfluss stehen. Der Geist der morgenländischen Kirche ist eindeutig-jenseitig-quietistisch und giebt noch heute den Geist und die Stimmung des 3. Jahrhunderts wieder zusammen mit dem staatskirchlichen Ideal Konstantin's. Der Geist der abendländischen Kirche ist von einem doppelten Ziel bestimmt, dem Jenseits und der Herrschaft der Kirche als der Herrschaft des Guten (regnum Christi) auf Erden. Hieraus ergiebt sich die energische Weltwirksamkeit der abendländischen Kirche und eine völlig verschiedene Stellung beider Kirchen zum Staat und zum Volksthum.

2. Der physikalisch-mathematischen Classe der Akademie stand zum 26. Januar d. J. aus der Dr. Carl Güttler-Stiftung ein Betrag von 2300 Mark zur Verfügung; sie hat beschlossen, diese Summe Hrn. Privatdocenten Dr. Alfred Merz in Berlin als Unterstützung bei wissenschaftlichen Untersuchungen im Atlantischen Ocean zuzuwenden.

Die nächste Zuertheilung aus der Dr. Carl Güttler-Stiftung findet am 26. Januar 1914 statt. Es stehen 1700 Mark zur Verfügung, und zwar diesmal der philosophisch-historischen Classe. Der Betrag kann in einer oder mehreren Raten vergeben werden. Die Zuertheilungen erfolgen nach § 2 des Statuts der Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Zwecke, und zwar insbesondere als Gewährung von Beiträgen zu wissenschaftlichen Reisen, zu Natur- und Kunststudien, zu Archivforschungen, zur Drucklegung grösserer wissenschaftlicher Werke, zur Herausgabe unedirter Quellen und Ähnlichem.

Bewerbungen müssen bis zum 25. October d. J. im Bureau der Akademie, Berlin W 35. Potsdamer Str. 120, eingereicht werden.

Die Akademie hat in der Sitzung vom 16. Januar den Professor der Botanik an der Universität Amsterdam Dr. Hugo de Vries, den Professor der Botanik an der Universität München Geheimen Hofrath Dr. Karl von Goebel und den Professor der Botanik an der Universität Tübingen Dr. Hermann von Vöchting zu correspondirenden Mitgliedern ihrer physikalisch-mathematischen Classe gewählt.

Der Geist der morgenländischen Kirche
im Unterschied von der abendländischen.

Von Adolf Harnack.

Die Einverleibung Bosniens und der Herzegowina in die Österreichisch-Ungarische Monarchie und die Erklärung dieses Staats und Italiens, Albanien müsse dem slawisch-griechischen Einfluß entzogen, also autonom werden, sind nicht nur politische Tatsachen ersten Rangs, sondern sie haben darüber hinaus noch eine weitertragende und tiefere Bedeutung. Hinter und neben dem Kampf zwischen Islam und Christentum, Türken und Gräkoslawen spielt sich auf der Balkanhalbinsel seit zweitausend Jahren noch ein zweiter, man darf sagen viel bedeutenderer Kampf ab, der sowohl öffentlich als latent geführt wird und niemals ganz geruht hat — es ist der Kampf zwischen dem Morgenland und dem Abendland um den Besitz der Balkanhalbinsel[1].

Wo soll die Grenzlinie zwischen den beiden großen Kulturgebieten liegen, im Adriatischen Meer oder an einer Linie östlich von Novibazar und Saloniki oder vor den Toren Konstantinopels, ja über Konstantinopel hinaus in den Dardanellen oder gar an der Küste Kleinasiens? An allen diesen Linien hat sie schon einmal gelegen! Im 4. und 5. Jahrhundert reichte die Herrschaft der lateinischen Kirche und Sprache im Norden bis gegen die Donaumündungen und im Süden bis Saloniki. Große Kämpfe sind dann bis ins 9. Jahrhundert über den Besitz Mazedoniens und Bulgariens zwischen Ost- und Westrom, d. h. zwischen dem Bischof von Rom und dem Bischof von Konstantinopel, geführt worden; aber Westrom verlor schließlich nicht nur diese Länder, sondern verlor auch die Rumänen, obschon diese ihre abendländische Sprache, wenn auch stark entstellt, behielten

[1] Weltgeschichtlich bedeutender ist dieser Kampf, weil die türkische Herrschaft nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Bevölkerung der Balkanhalbinsel zum Islam bekehrt (nur in dem jetzt österreichischen Gebiet und in Albanien gelang die Bekehrung in größerem Umfang, wenn auch längst nicht vollständig) und den Geist und die Volkssitte der christlich gebliebenen Bewohner nicht verändert hat.

und somit kulturell ein Mischgebilde darstellen[1]. Nach der kurzen und unsoliden Schöpfung eines lateinischen Kaisertums in Ostrom und vollends nach den Siegen der Türken lag die Grenze zwischen dem Morgenland und Abendland wieder dort, wo sie vor unserer Zeitrechnung gelegen — im Adriatischen Meere. Wohl herrschte die Republik Venedig noch lange an vielen Küsten und auf Inseln des Ostens; aber die Kaufmannsrepublik verzichtete im Interesse ihres Handels außer in den Städten sehr bald auf die Rolle eines lateinischen Kulturträgers.

Ein tiefer, unüberbrückbarer Gegensatz hält das griechisch-slawische Morgenland und das lateinische Abendland geistig auseinander. Er ist so groß, daß seit den Tagen der türkischen Eroberung Konstantinopels bis zur Gegenwart konstantinopolitanische Patriarchen und gräkoslawische Theologen und Patrioten dankbar immer wieder erklärt haben, die Vorsehung habe ihren Ländern die türkische Herrschaft gesendet, um sie vor der Herrschaft des fremden und zerfahrenen abendländischen Geistes zu bewahren. So groß die Abneigung gegen den Türken und die tatkräftige Sehnsucht nach Befreiung vom türkischen Joch war und ist — noch viel größer war und ist die Abneigung gegen den Geist des Abendlands; denn der Türke brachte zwar die von ihm unterworfenen christlichen Nationen in eine traurige Verkümmerung, aber er griff in ihr inneres Leben und in ihre Heiligtümer in der Regel nicht ein. Er ließ ihnen ihre Eigenart: ausdrücklich wurden die Sultane als Erhalter der Orthodoxie gepriesen[2]. Vom Abendland dagegen weiß man im Osten aus langer Erfahrung, daß es diese Eigenart zerstören werde, wo immer es die Herrschaft gewinnt.

Worauf beruht aber der ungeheure und fortbestehende Gegensatz zwischen dem Geist des Morgenlands und des Abendlands? Diese Frage hat denkende Historiker viel beschäftigt und sehr verschiedene Antworten gefunden. Am beliebtesten, zumal heute wieder, ist die Antwort, daß der Gegensatz auf der Rasse beruhe, und gern erinnert man sich der geistvollen Spekulationen Fallmerayers[3], der mit blendender Dialektik nachzuweisen suchte, daß das Griechentum als Rasse

[1] Die Rumänen haben das orthodoxe Kirchenwesen behalten und sind, bis über die Mitte des vorigen Jahrhunderts unter griechischem Einfluß stehend, von den Fanarioten geleitet worden. In den letzten Jahrzehnten aber ist der abendländische Einfluß die stärkste Kraft dort geworden, und der Herrscher führt diese Nation der abendländischen Völkerfamilie zu. Aber der Beweis, daß sich orthodoxes Kirchenwesen und abendländischer Geist zu durchdringen vermögen, ist noch nicht geliefert.

[2] Auch das wird dem Türkenjoch nachgerühmt, daß es die griechische Kirche vor den Sekten geschützt hat; man vergleiche das Gegenbeispiel, welches Rußland bietet.

[3] Fragmente aus dem Orient, 1845.

überall mehr oder weniger erloschen sei, daß slawisch-asiatische Völker im Orient seine Stelle eingenommen haben, ihr Geist das Morgenland bis zur Adria heute beherrsche und daß dieser slawisch-asiatische Geist im unversöhnlichen Gegensatz zum Geist des Abendlands stehe. Diese Ansicht, daß man es im Orient mit dem Griechentum überhaupt nicht mehr zu tun habe, findet heute freilich kaum mehr Vertreter; aber nun versucht man auf andere Weise aus der Rasse die Verschiedenheit von Orient und Okzident zu begründen. Alle diese Versuche können auf kritische Köpfe keinen Eindruck machen; denn sie operieren mit dem dunkelsten Faktor, den es gibt, dem Rassenunterschied zwischen verwandten und gemischten Völkern, übersehen, daß es Zeiten gegeben hat, in denen diese Völker ihre Gemeinsamkeit stärker empfunden haben als ihre Verschiedenheit, und unterschätzen vor allem die stärkste Macht, die es hier als verbindende und als trennende gibt, nämlich die Geschichte, welche die Völker erlebt haben. Das politische Geschick der Völker ist ihr Schicksal. Durch Blutsverwandtschaft aufs engste verbundene Stämme können durch ihr Geschick auf immer getrennt werden und einen ganz verschiedenen Volksgeist in sich ausbilden, und wiederum sich fernstehende Stämme können durch gemeinsames Geschick zusammengeschweißt werden und zu einem Volk zusammenwachsen.

Unter dem politischen Geschick ist die erlebte Geschichte im weitesten Sinn des Worts zu verstehen, d. h. sowohl die äußere Geschichte in Krieg und Frieden, in Sieg und Unterdrückung, als auch die innere Geschichte in Religion, in Staats- und Rechtsbildung, und nicht zuletzt in den großen und führenden Männern, die ein Volk erlebt hat und die seine innere Geschichte bestimmt haben. In diesen Erfahrungen und Erlebnissen bildet sich jener Geist eines Volks, der ihm zur zweiten Natur wird, und zwingt selbst angeborene Art und Fähigkeit in eine neue Richtung. Daher darf man in bezug auf die zivilisierten Völker mit einer reichen Geschichte dann erst auf den dunklen Faktor der Rasse zurückgreifen, wenn der Rekurs auf ihre Geschichte versagt oder direkt auf die Rasse hinweist. Unter den Elementen aber, welche die innere Geschichte bestimmt haben, ist die Religion das vornehmste. Es ist dabei jahrhundertelang fast gleichgültig, wie viele Menschen in einem gegebenen Zeitalter der Religion innerlich und herzlich zugetan sind, ja man darf, ohne paradox zu werden, sagen, je mehr Indifferente, um so stärker die Herrschaft einer alten Religion. Denn die Religion als herrschende erträgt den ausfahrenden Subjektivismus der wirklich Frommen nur schwer, während sie die gleichmütige Geduld der Indifferenten als Stärkung empfindet. Sie herrscht ja in Wahrheit niemals durch die Kraft ihrer über das

Ganze verbreiteten Frömmigkeit, sondern sie herrscht durch ihre Sitte, d. h. durch ihr Ritual, ihre Liturgie, ihre Feste und Ordnungen einerseits und durch eine Reihe von Sittengeboten anderseits, die teils in das Rechtsleben übergegangen sind, teils neben demselben bestehen und in den weitesten Kreisen fast wie höhere Naturordnungen naiv empfunden werden[1]. Daneben herrscht sie, indem sie die Gefühle feierlich weiht, die an den Höhe- und Tiefpunkten des Lebens in jedem entstehen — wobei die Art der Weihung den meisten ganz gleichgültig ist —, und indem sie im Tode das Leben mit dem Tode zu versöhnen sucht, wobei wiederum den meisten der feierliche und in altüberlieferten Formen sich aussprechende Versuch gefühlsmäßig wohltuend, aber bereits auch genügend ist[2]. Ob, damit die Religion in dieser Weise herrsche, immer ein Kreis solcher vorhanden sein muß, die sie wahrhaft innerlich im Herzen tragen, ist eine Frage, die ich nicht unbedingt bejahen möchte; aber immer muß ein Kreis solcher da sein, die sie sozusagen professionsmäßig vertreten und daher auch an ihre Tiefen erinnern — die Priester, die Geistlichen. Diese und die Indifferenten[3] halten die Religion bei der Herrschaft.

Ist demgemäß zwischen der Religion, welche in den Herzen einzelner herrscht, und derselben Religion als der herrschenden ein ungeheurer Unterschied, unbeschadet der Zwischenstufen, die hier entstehen, und hat der Historiker zunächst die Aufgabe, die Religion als herrschende ins Auge zu fassen — sie bestimmt ja das Volk —, so darf er doch die wirkliche Religion, die hinter dieser herrschenden steht, nicht unbeachtet lassen; denn nicht nur bricht dieselbe stoßweise hervor und wird dann selbst zu einem mächtigen geschichtlichen Faktor, sondern aus ihr wird erst die Eigenart der herrschenden Religion ver-

---

[1] Man denke an die Monogamie, an die Konservierung der physisch und ökonomisch Schwachen u. a.

[2] In den genannten vier Momenten liegt die ungeheure Macht der herrschenden Religion im öffentlichen Leben, der gegenüber die verstandesmäßige Kritik einzelner, sei es auch noch so vieler, wenig in Betracht kommt, zumal da sie sich nur selten wider die Herrschaft der Religion auflehnen. Dazu haben die großen Begriffe Gewissen, Liebe, Vergebung, Versöhnung, Erlösung, Frieden, Ewigkeit, Gott, sei es auch nur als Überschriften, eine magnetische Gewalt über die Gemüter und können durch keine Verstandeskritik zerbrochen werden. Die, welche es versuchen, gleichen einem Mückenschwarm, der gegen ein Glasfenster fliegt. Daher sind aber auch die »Ökonomen« dieses Kapitals, die Priester und Geistlichen, ein Stand von hoher Bedeutung im öffentlichen Leben, mag ihnen auch täglich ihre Rückständigkeit und Überflüssigkeit bewiesen werden. Daher setzt endlich aber auch der Staat, der tiefer blickt als die Tageskritik, alles daran, um die herrschende Religion seinen Zwecken dienstbar zu machen.

[3] Der autoritative Priester und die mediokre Frömmigkeit gehören enger zusammen als der Priester und der lebendige Glaube. La médiocrité fonda l'autorité.

ständlich, die an und für sich denen, die sich nur unter sie beugen, stets eine superstitio ist, d. h. alle Kennzeichen des Aberglaubens trägt.

Daß nun für den Unterschied des Geistes des Morgenlands und des Abendlands die herrschende Religion, d. h. die Kirche dort und hier, von besonderer Bedeutung ist, wird von niemand in Zweifel gezogen, ja man darf wohl sagen, daß sie das wichtigste Element ist. Und zwar ist auf abendländischer Seite allein die römisch-katholische Kirche in Betracht zu ziehen. Den Protestantismus muß man bei der Untersuchung ganz beiseite lassen; denn er hat sich aus dem Schoß der abendländisch-katholischen Kirche spät entbunden und ist mit der morgenländischen Kirche nur in wissenschaftliche, d. h. wesentlich gleichgültige Beziehungen getreten. Aus dem Unterschied der orthodoxen morgenländischen und der römischen Kirche muß sich also die Verschiedenheit des Geistes des Morgenlands und des Abendlands zu einem bedeutenden Teil erklären lassen[1].

Sobald man das aber versucht, gewahrt man zunächst statt Verschiedenheiten nur die größte Verwandtschaft zwischen beiden! Man kann es kurz sagen: nicht nur die Grundauffassung von der Religion als Erlösungsreligion und nahezu alle Dogmen erscheinen als identisch, sondern auch alle übrigen Elemente, Funktionen und Institutionen der beiden Kirchen. Mag man nun auf den Unterschied von Klerus und Laien, von Klerus, Laien und Mönchen, von Bischöfen und Priestern blicken, mag man den vorausgesetzten und erstrebten Ertrag der Religion dort und hier samt dem sittlich-religiösen Lebensideal ins Auge fassen, mag man den Gottesdienst, die Messe, die Sakramente studieren, mag man vergleichen, was dort und hier als heilige Geschichte gilt, oder sonst in einer beliebigen Richtung die Kirchen beobachten — mit Ausnahme des römischen Primats und der Stellung der Kirchen im öffentlichen Leben tritt überall die innigste Blutsverwandtschaft der beiden Kirchen zutage, ja es scheint, daß man nicht einmal von zwei Schwestern sprechen darf, vielmehr sieht man ein und dasselbe geistige Gebilde vor sich, wie es ja auch viele Jahrhunderte hindurch als ein einheitliches bestanden hat. Nimmt man nun noch hinzu, daß die römische Kirche jeden Griechen ohne weiteres aufnimmt, der den Papst anerkennt — was sie sonst noch verlangt, sind Formalitäten —, und daß die orthodoxe Kirche auch in der Regel keinem römischen Christen weitere Schwierigkeiten macht, der sich vom Papste lossagt, so scheint

[1] Die ausführlichste und beste Darstellung der »Orthodoxen Anatolischen Kirche«, die wir besitzen, findet sich im »Lehrbuch der vergleichenden Konfessionskunde« von Kattenbusch (Bd. I, 1892). Hierzu ist die kürzere, ebenfalls vortreffliche Darstellung von Loofs, Symbolik (Bd. I, 1902) zu vergleichen. S. auch Gasz, Symbolik der griechischen Kirche (1872).

es unbegreiflich, wie in dem Unterschied des abendländischen und des morgenländischen Katholizismus der ungeheure Unterschied des abendländischen und des morgenländischen Geistes wurzeln soll.

Aber das Bild ändert sich, sobald man die beiden Kirchen sowohl an sich als auch in ihrem Verhältnis zu der sie umgebenden Welt gründlich studiert. Ich versuche es, im folgenden die Unterschiede zu skizzieren, die sich bei genauer Betrachtung an jedem Hauptpunkte ergeben, um dann die Frage zu beantworten, ob sich zur Erklärung dieser Unterschiede dort und hier ein einheitliches Prinzip finden läßt.

1. Die christliche Religion wird in beiden Kirchen ausschließlich als Erlösungsreligion aufgefaßt. Für Erlösungsreligionen aber sind die drei Fragen entscheidend: Wovon wird erlöst, wozu und wodurch? Beide Kirchen beantworten diese Fragen identisch: erlöst wird von der Sünde und vom Tode; das Ziel der Erlösung ist ewiges, reines Leben in der Anschauung Gottes, und das Mittel der Erlösung ist der Glaube an den Gottmenschen Jesus, der die Sünde getilgt und den Tod besiegt hat, sowie ein reines Leben nach seinen Vorschriften. Sieht man aber näher zu, so gewahrt man Unterschiede. In der morgenländischen Kirche tritt die Erlösung vom Tode und der Vergänglichkeit neben der Erlösung von Sünde und Schuld stärker, weil selbständiger, hervor als in der abendländischen oder vielmehr: in der abendländischen Kirche ist das Bewußtsein: »Wo Vergebung der Sünde und Liebe ist, da ist auch im Diesseits schon Leben und Seligkeit«, um einen bedeutenden Grad gegenständlicher als in der morgenländischen. Infolge hiervon ergibt sich auch ein Unterschied in bezug auf das Ziel der Erlösung. Daß es letztlich ganz und gar ein jenseitiges ist, ist auch die Überzeugung der abendländischen Kirche, und von dieser Überzeugung läßt sie sich durchweg leiten; aber wenn die Erlösung von der Sünde der Erlösung vom Tode übergeordnet ist, ja sich kausativ zu ihr verhält, so erscheint das Ziel und der Ertrag der Religion doch auch schon in der Sünd- und Schuldlosigkeit gegeben, positiv ausgedrückt: in dem vollkommenen Habitus des Guten, also in Glaube, Liebe und Hoffnung. Ein von diesen Kräften ganz erfüllter Mensch hat also schon, soweit es auf Erden möglich, die Erlösung und Seligkeit; daher ist dem Abendländer der fructus religionis nicht mehr eindeutig. Er besteht vielmehr sowohl in dem seligen, jenseitigen Leben, als auch schon jetzt in dem Habitus des Guten, auf Grund der Vergebung. Der Grieche empfindet nicht ganz so; er empfindet eindeutiger: ihm steht die Vergänglichkeit und der Tod so erschütternd und schrecklich vor der Seele, daß keine wahre Seligkeit bestehen kann, solange sie nicht weggeräumt sind.

Als stärkste erlösende Kraft erscheint ihm daher nicht die Kraft, welche die Sünde, sondern die, welche die Vergänglichkeit und den Tod besiegt. Zwar darf man den Unterschied der beiden Kirchen hier nicht übertreiben: tausende von Bekenntnissen griechischer Christen bezeugen den Ernst und die Zartheit ihres Schuldbewußtseins und das tiefste Dankgefühl für die Erlösung von der Sünde. Dennoch bleibt es dabei, daß sie die noch bestehende Vergänglichkeit schmerzlicher empfinden als die Abendländer und daher dem vollen Erlösungsgefühl keinen Raum lassen, so lange diese Zeitlichkeit sie noch umgibt. Noch deutlicher wird dies am dritten Punkt, dem »Wodurch«. Zwar darüber, wie die Erlösung bereits in der Person Christi gegeben ist, besteht nicht der geringste Unterschied zwischen den Lehren der beiden Kirchen[1]. Aber in dem Werke Christi steht für den Orient die Menschwerdung mehr im Vordergrund, für den Okzident der Kreuzestod[2]. Und wo es sich um das subjektive Mittel der Aneignung handelt, tritt in dem identischen Gefüge von Glaube und Werken das Streben nach Mitteln, welche die Schuld tilgen, im Abendland primär hervor, im Morgenland dagegen das Streben nach Mitteln, welche einen Vorgeschmack der jenseitigen Seligkeit gewähren[3]. Dies führt auf

---

[1] Die christologischen und die mit der Christologie eng zusammenhängenden trinitarischen Dogmen der beiden Kirchen sind identisch bis auf die Lehre vom Ausgang des hl. Geistes. Die hier bestehende Differenz, die als eine rein schulmäßige sehr wohl zu ertragen gewesen wäre (wie manche andere theologische Lehren, die ungeklärt geblieben sind), ist absichtlich, man darf sogar sagen, tendenziös und mutwillig, von Photius zu einem articulus stantis et cadentis ecclesiae erhoben worden und konnte nun nicht mehr der Schule überlassen werden. Gewiß spricht sich auch in ihr ein gewisser Unterschied des Orients und Okzidents im Gottesbegriff aus; aber dieser Unterschied gehört zu denen, die selbst in dem Mücken seihenden Zeitalter der Kirchenväter kein Schisma hervorzurufen brauchten. Haben doch im 4. Jahrhundert Alt- und Jung-Nizäner es schließlich nicht zum Bruch kommen lassen, und vereinigte doch das Chalcedonense, namentlich in der Auslegung, die das 5. Konzil ihm gegeben hat, viel größere Gegensätze als der ist, um den es sich bei der Lehre vom Ausgang des hl. Geistes handelt.

[2] Gewiß kann das Kreuz als Symbol und Amulett nicht höher geschätzt und mehr gefeiert werden als in der orientalischen Kirche; aber nicht nur hat die bernhardinische Kreuzesandacht, wie sie die ganze abendländische Kirche ergriffen hat, in der morgenländischen keine vollkommene Parallele, sondern auch in der Dogmatik überragt im Abendland die Gnosis des Kreuzestodes die Gnosis der Menschwerdung, während das morgenländische Dogma ausschließlich Darlegung der Lehre von der Gottheit und vom menschgewordenen Gott ist.

[3] Sofern in beiden Kirchen der Heilsbesitz bereits ein gegenwärtiger ist, erlebt ihn der abendländische Christ mehr in der absolutio und in dem Habitus von Glaube und Liebe (»gratia infusa«), der morgenländische mehr in dem feiernden und betrachtenden Genuß himmlischer Güter, die schon im Diesseits gewährt werden und über die Erde erheben. — Die Unterschiede, wie sie hier in Bezug auf das Erlösungsbewußtsein angegeben sind, liegen zwar schon im Ansatz beider Kirchen begründet, haben sich aber doch erst allmählich herausgestellt. Für den Gang der Entwicklung und

den Gottesdienst und die Sakramente einerseits, auf das fromme Leben und die Askese anderseits.

Zuvor ist aber noch ein wichtiger Punkt zu erörtern:

Man hat häufig darauf hingewiesen, daß in der griechischen Kirche die trinitarischen und christologischen Dogmen unter schweren Kämpfen festgestellt worden seien, während die abendländische Kirche daran nur sekundär Anteil genommen habe, und man hat daraus gefolgert, daß der griechischen Kirche ein spekulativer Zug innewohne, der der abendländischen fehle, ja man hat darin den wesentlichen Unterschied zwischen beiden Kirchen erkennen zu müssen gemeint. Allein so einfach liegt die Sache nicht, wie schon die Tatsachen beweisen, daß im Abendland von Augustins Zeiten an sehr ernsthaft und eigentümlich über Trinität und Christologie nachgedacht worden ist, umgekehrt aber im Morgenland die kirchlich interessierten Laien und auch die Mehrzahl der Geistlichen die dogmatischen Kämpfe stets als Nyktomachien und als anstößig empfunden haben[1] und diese Kämpfe und Dogmenproduktionen auch seit dem 7. Jahrhundert ein Ende fanden. Die Sache steht vielmehr so: da in beiden Kirchen die Gotteserkenntnis und -anschauung das letzte Ziel und die Theologie daher die Hauptfunktion und eine Hauptförderung der Frömmigkeit ist, so hat in beiden Kirchen die Erkenntnis Gottes und des Gottmenschen dieselbe zentrale Stellung. Daß die griechische Kirche sie früher begonnen und jahrhundertelang energischer durchgeführt hat, erklärt sich aus ihrer höheren Bildung einerseits, anderseits allerdings aber auch dadurch, daß das Interesse der abendländischen Kirche sehr früh und dauernd auch von den praktischen Fragen der Kirchen- und Seelenleitung in Anspruch genommen wurde. Man gewahrt hier wieder das zweite Motiv, das sich im Abendland mit selbständiger Kraft eindrängt, während es im Morgenland schwächer bleibt. Nun aber ist noch folgendes zu erwägen:

Da die Erkenntnis Gottes und des Gottmenschen nach der Überzeugung der Kirchen das Wesen der geoffenbarten Religion selbst ausmacht, darf sie nicht durch menschliche Anstrengungen oder gar erst durch innerkirchliche Kämpfe gewonnen werden, sondern muß von

die notwendigen Einschränkungen, sobald man die verschiedenen Epochen und einzelne Führer ins Auge faßt, s. Holl, Enthusiasmus und Bußgewalt beim griechischen Mönchtum, 1898. Daß die Rücksicht auf Sünde und Buße im Orient zu gewissen Zeiten und bei gewissen Führern nicht minder ernst und streng war als im Okzident, daß man aber dort anfangs minder gesetzlich und mehr psychologisch verfuhr, weil man auch den Gläubigen als Werdenden behandelte, zeigte er an mehreren Stellen.

[1] Vgl. die Haltung der sog. »Mittelparteien« in allen dogmatischen Kämpfen der griechischen Kirche und, die Laien anlangend, z. B. die Haltung des Kirchenhistorikers Sokrates.

Anfang an offenbar und patent gewesen sein, d. h. alle ringende Spekulation und alle Kämpfe hier sind eigentlich ein ungeheures und unerträgliches Skandalon; denn sie lassen das als einen menschlichen und in der Geschichte entstandenen Erwerb erscheinen, was doch ein von Gott gegebenes Gut sein soll. Die Fiktion, den Erwerb von heute jedesmal für einen uralten Besitz auszugeben, war in solcher Situation unvermeidlich. Ein paar Jahrhunderte hindurch hat die griechische Kirche diese peinliche Situation und die schwere Irritierung, welche die dogmatischen Kämpfe und die neuen Formeln ihr auferlegten, ertragen; dann hat sie Schluß gemacht[1] und nun erst den Zustand erreicht, der ihr von Anfang an als der notwendige und ideale vorschwebte, nämlich nicht sowohl zu spekulieren als über eine fertige Spekulation zu meditieren und ihren Inhalt zu kontemplieren; denn sowohl das Ritual als auch die mystische Frömmigkeit bedarf ein fertiges Dogma. Wirklich spekulativ interessiert und auf neue Erkenntnisse bedacht ist die morgenländische Kirche niemals gewesen. Jede neue Formel, die man aufstellen mußte, war als solche eine schwere Verlegenheit und hatte zunächst schon als neue die Majorität in der Kirche gegen sich. Ein Unterschied von der abendländischen Kirche ist hier also ursprünglich gar nicht zu finden. Diese hätte sich gerade so benommen wie die morgenländische, wenn sie schon so gebildet gewesen wäre, und hat in einzelnen Fällen im 4. und 5. Jahrhundert auch dieselbe Haltung bewiesen. Der Unterschied beginnt erst von der Zeit an, wo die morgenländische Kirche Schluß gemacht hat. Fortab nimmt sie eine Haltung zur »Tradition« ein, der die abendländische Kirche nicht vollkommen folgt, d. h. diese Kirche läßt der theologischen Spekulation und der fortschreitenden Entwicklung noch einen größeren Spielraum als jene (vgl. über »Tradition« unten). Sie erscheint also — entgegen der herrschenden oberflächlichen Meinung — »spekulativ« lebendiger als die morgenländische Kirche.

2. Das religiöse Leben spielt sich in beiden Kirchen primär an der Messe und den Sakramenten ab. Zunächst gewahrt man wieder keine Verschiedenheiten. Die Messe ist dort und hier ganz wesentlich identisch[2], und auch die Sakramente sind dieselben. Allein bei näherer Betrachtung walten hier sehr große Unterschiede ob. Dem Orientalen ist der Meßgottesdienst in seiner Totalität die Hauptsache. Das gottesdienstliche Gebäude, seine Ausschmückung, Heiligtümer und namentlich seine Bilder, das Ritual vom Anfang bis zum Ende, der

[1] Eigentlich schon im 6. Jahrhundert unter Führung Justinians; die monotheletischen Streitigkeiten sind künstlich von der Reichspolitik hervorgerufen worden.

[2] Demgemäß behalten auch die Orientalen ihren eigentümlichen Meßgottesdienst, wenn sie sich mit der römischen Kirche unieren.

Gesang, der Weihrauch und alle einzelnen Zeremonien und Stücke bis zu den Priestergewändern sind für das Erlebnis eine geschlossene Einheit, in welcher der Opferdienst nur den Höhepunkt bildet. Durch diesen Gottesdienst im Kirchenraum fühlt sich der orientalische Christ in den Himmel erhoben und empfängt im Gemüt und zugleich durch alle seine Sinne einen Vorgeschmack der himmlischen Welt und des jenseitigen Lebens. Voraussetzung für den Eintritt dieser Erhebung ist der pünktlichste Vollzug des Rituals und die Unveränderlichkeit aller zu ihm gehörigen Stücke. Die Sakramente erscheinen diesem Gottesdienst zugeordnet, stehen unter sich in einer nur losen Verbindung und leisten das partikular oder individuell applikativ, was der Gottesdienst in Fülle bietet. Die Zubereitung für das Jenseits bzw. die Erhebung zu demselben ist die Kraft ihres Inhalts. Anders ist es im Abendland. Innerhalb des Gottesdienstes ist die sündentilgende Opferung das allein entscheidende Moment, und aus den Sakramenten hebt sich das Bußsakrament so gewaltig heraus, daß es sich alles unterordnet, ja auch Zweck und Ziel der Messe sich unterwirft[1]. Hierin ist wiederum ausgedrückt, daß der Kirche die Sündenvergebung bzw. die Herstellung eines sittlich reinen Lebens und die Erfüllung mit Glaube und Liebe die Hauptsache ist, die sich nahezu als selbständiger Endzweck darstellt und sogar über den Gedanken der Zubereitung auf das Jenseits übergreift. Daher tritt auch im Erlebnis des Gottesdienstes nicht sowohl die Erhebung in den Himmel in den Vordergrund, obwohl sie nicht fehlt[2], als vielmehr die Erlangung solcher geistiger Güter auf Erden, welche den Menschen von der Schuld befreien und ihn zur vollkommenen Gerechtigkeit verhelfen. Von hier aus erklärt es sich auch, daß die Unverbrüchlichkeit des Rituals nicht dieselbe Rolle spielen kann wie im Orient; denn die Forderung seiner Starrheit entspringt im Orient aus dem Gedanken der rein mysteriösen und transzendentalen Natur der Gabe, während diese im Okzident zwar auch als streng übernatürliche gilt[3],

[1] Die Taufe hat in beiden Kirchen dieselbe Stellung: das Höchste wird von ihr ausgesagt. Aber da sie sich als Kindertaufe vollzieht, also an Bewußtlosen, muß doch alles am Subjekt von neuem beginnen.

[2] Wie ja auch umgekehrt in der orientalischen Kirche die Sündenvergebung in Demut gesucht und mit Freude empfangen wird.

[3] Man könnte sogar bei flüchtiger Betrachtung meinen, der mysteriöse Charakter der Messe sei im Abendland strenger ausgebildet als im Morgenland, weil sie dort in einer dem Laien unverständlichen Sprache, hier dagegen in den Landessprachen gefeiert wird, und dazu im Abendland Stillmessen üblich sind. Allein das ist ein Irrtum; denn erstlich ist auch in manchen orientalischen Kirchen die Sprache der Messe den Laien nicht verständlich, sodann ist das Latein des abendländischen Meßgottesdienstes und die Stillmesse nicht aus der Rücksicht auf das Mysterium, sondern aus hierarchischen und zentralistischen Gründen zu verstehen. Die zahlreichen Dar-

aber sich geistig und individuell vermitteln muß und dadurch ein Moment der Freiheit erhält. Eben dieses Moment der Freiheit gilt es aber nun zu ordnen, d. h. die Sakramente sind im Abendland unter dem pädagogischen Gesichtspunkt der Seelenführung in eine innere Einheit gesetzt. Zusammengefaßt: im Orient ist der Gottesdienst samt den Sakramenten Mysterienfeier und Anbetung, im Okzident ist er das auch, aber daneben tritt — und sogar übergreifend — die Rücksicht auf die sittliche Therapie der Seele hervor.

Noch ist ein Blick auf die Bilder zu werfen. An der Nuance, welche zwischen der im allgemeinen identischen Bilderverehrung in beiden Kirchen besteht, kann man den Unterschied besonders deutlich studieren. Im Orient ist der Bilderdienst nicht nur noch weiter ausgedehnt als im Okzident, durchzieht das ganze öffentliche und private fromme Leben noch mehr und hat auch in der Messe eine hohe Bedeutung, sondern es hat sich dort auch eine Bildertheologie und -philosophie entwickelt. Das heilige Bild ist seiner Form nach mit dem Prototyp identisch, welches es wiedergibt; nur sein Stoff ist irdisch. Es stellt also eine Vereinigung von Himmlischem und Irdischem dar und gilt in diesem Sinn geradezu als eine Auswirkung der Menschwerdung Gottes, wie die Sakramente Hinterlassenschaften des gottmenschlichen Lebens des Erlösers sind. Nichts kommt daher den eigentümlichen Wünschen der griechischen Frömmigkeit so sehr entgegen wie das Bild, in welchem sich das Himmlische stetig dem Auge in Verschmelzung mit dem Irdischen darstellt. Dem Abendland ist diese Theorie und die ihr entsprechende Praxis wesentlich fremd geblieben. Hier symbolisiert das Bild nur die Nothelfer, an die man sich freilich ebenso wendet, wie im Morgenland; aber eine selbständige Bedeutung kommt dem Bilde in der Theorie nicht zu.

3. Für das Leben des Christen ergibt sich in beiden Kirchen die Grundforderung, daß es als Vorbereitung auf das Jenseits gelebt werden soll. Diese Forderung führt direkt auf die Askese im Sinne des Mönchtums. Aber in der Zeit, als beide Kirchen noch eine gemeinsame Geschichte gehabt haben, haben sie — teils weil das Mönchtum keine Überlieferung aus ältester Zeit besaß, teils weil sich die Kirche nicht mehr in ein System von Einsiedeleien und Klöstern verwandeln ließ — beide geurteilt, daß sich das Mönchtum als ein besonderer Stand in der Kirche etablieren solle, daß es aber für die anderen Christen genüge, die Vorbereitung auf das Jenseits innerhalb des bürgerlichen Lebens zu üben. Daß diese Vorbereitung durch

bietungen religiöser Erbauung in den Landessprachen in der abendländischen Kirche (wie spärlich sind sie im Orient!) lassen darüber keinen Zweifel, daß das Mysterium nicht das letzte Wort im abendländischen Christentum sein soll.

Glauben und durch Beobachtung der Sittengebote und Kirchengebote, die eine partielle Askese einschließen, zu geschehen habe, darin sind wiederum beide Kirchen einig.

Aber auf diesem Grunde — wie groß sind die Verschiedenheiten, sowohl wenn man auf die Mönche als auch wenn man auf die Laien blickt!

Das orientalische Mönchtum bietet in tausendfacher einförmiger Wiederholung im gemeinschaftlichen Leben und im einsiedlerischen — wenige bedeutende Ausnahmen abgerechnet — immer dasselbe Bild[1]; dagegen im Abendland — welch ein Reichtum mannigfaltigster Formen von der Schöpfung des Benediktus bis zur Schöpfung des Ignatius! Das Ideal der orientalischen Askese ist der völlig bedürfnislose, weltentrückte, kontemplierende Einsiedler[2], der selbst des Verkehrs mit gleichgestimmten Brüdern nicht notwendig bedarf. Das Ideal der abendländischen aber ist, wie der Gang der geschichtlichen Entwicklung lehrt, der Jesuit, in welchem sich das alte Mönchtum sozusagen selbst aufgehoben hat. Analysiert man diese beiden Typen, so erkennt man: der morgenländische Mönch flieht den Mundus und das Saeculum, der abendländische flieht den Mundus und sucht das Saeculum im Dienste der Kirche umzubilden. Der morgenländische Mönch hat nur das eine Ziel, seine Seele rein zu erhalten und sich durch Askese und Meditation auf das Jenseits vorzubereiten, ja schon in diesem Leben bis an seine Pforten vorzudringen[3]. Auch der abendländische Mönch bejaht dieses Ideal, aber er verbindet es mit der andern Aufgabe, diese Welt der Kirche, d. h. Christus, zu unterwerfen. Wieder gewahren wir, daß das Ideal des griechischen Mönchs eindeutig und jenseitig ist, das Ideal des abendländischen aber ein duales; denn mit selbständigem Anspruch tritt zu dem asketischen Jenseitigkeitsziel das diesseitige Ziel, welches die Herrschaft des Guten und Heiligen in der Welt verwirklichen will[4]. Dieses Ziel entspricht genau der oben gemachten Beobachtung, nach welcher die Erlösung nicht erst in der Befreiung von der Vergänglichkeit zu unsterblichem Leben im Jenseits gegeben ist, sondern auch schon in dem Erfülltsein mit den Kräften des

[1] Auch hier muß von der Entwicklungsgeschichte abgesehen werden, die in manchen früheren Stadien anderes zeigt, s. Holl, a. a. O.

[2] Den kontemplierenden Einsiedler läßt die abendländische Kirche überhaupt nur unter bestimmten Bedingungen gelten, und er ist fast vollkommen verschwunden.

[3] Hierzu führt der Natur der Sache nach nur die strengste Askese, die bis an die Entkörperung heranstreift. — Eine gewisse liebende Sorge um die armen Brüder kommt auch bei orientalischen Mönchen hier und da vor, ist aber ganz sekundär.

[4] Von hier aus kann sogar die Askese nur wie ein Hilfsmittel erscheinen (s. den Jesuitenorden): »Wer auf die Welt wirken will, darf sich mit ihr nicht einlassen.« In dieser Erkenntnis wird hier auch die Askese herangezogen.

Glaubens und der Liebe im Diesseits. Zwar hat auch das orientalische Mönchtum ein positives Verhältnis zur Kirche: die Bischöfe werden aus ihm genommen, und die Arbeit der Klöster steht mit dem Kultus und anderen Funktionen der Kirche in einer gewissen Beziehung; aber mit der *Herrschaft* der Kirche hat es schon deshalb nichts zu tun, weil diese Kirche, wie sich noch zeigen wird, eine Herrschaft, wie sie die abendländische Kirche ausübt, gar nicht beansprucht.

Ganz analog dem mönchischen gestaltet sich dort und hier das Lebensideal für den christlichen Laien. »Mensch, bedenke dein Ende«, ist in beiden Kirchen die Grundform aller vorgeschriebenen Lebensführung, und die Einhaltung der Sittengebote und bestimmter Kirchengebote[1] wird neben der Rechtgläubigkeit im Orient und Okzident dem Laien eingeschärft. Sieht man aber näher zu, so gewahrt man, daß sich zwar noch beide Kirchen die Einschärfung der *Demut* gleich angelegen sein lassen, daß sie aber dann doch auseinander gehen. In welcher Weise, das kann man noch besser als an der für Laien geschriebenen Erbauungsliteratur an den religiösen Volkserzählungen studieren[2]. Eine schwere Melancholie liegt über dem christlichen Volk des Orients, soweit es sich auf seine Religion besinnt und von ihr lebt. Es erwartet von dieser Erde und Zeitlichkeit nichts und ist stets auf das Schlimmste gefaßt. Ergeben nimmt es dasselbe hin. Vom Standpunkt der Religion aus erscheinen auch alle politischen und Rechtsformen als ungerecht und böse; schlimm ist schon der Mundus, noch schlimmer und unverbesserlicher das Saeculum. Die passiven Tugenden sind aufs stärkste entwickelt, und soweit Selbstlosigkeit auf ihrem Grunde zu entstehen vermag, finden sich heroische und rührende Beispiele zahlreich. Ungefärbtes Mitleiden quillt überall auf zu den »Mitgenossen im Elend«, wie schon im 2. Jahrhundert der Grieche Marcion seine Konfessionsgenossen nannte[3]. In dieses trübe und hoffnungslose Dunkel, das alle Sinne und Aktionen erstarren läßt, fällt zwar der Glaubens- und Hoffnungsstrahl der zukünftigen Welt; aber er erwärmt und erleuchtet nur einen schmalen Weg; rechts und links bleibt alles schwarz und grauenhaft wie zuvor. Nicht einmal dazu reicht auf Erden das Licht, um sich in seinem Scheine untereinander zu verbinden und gemeinsam den Widerstand zu leisten, den der einzelne nicht zu leisten vermag. Nein — jeder steht im Dunkel für sich und sieht seinen

---

[1] Daß diese Kirchengebote nicht ganz identisch sind, ist nicht gleichgültig, vielmehr tritt auch hier der besondere Charakter beider Kirchen hervor; doch soll auf diese Feinheiten nicht eingegangen werden.

[2] Man schlage die »Dorfgeschichten« Tolstois auf, aber auch unzählige russische Novellen und Romane bieten dieselben Belege.

[3] ϹΥΝΤΑΛΑΙΠΩΡΟΙ.

Nächsten nur als traurigen Schatten an sich vorüberziehen. Anders in der abendländischen Kirche: zwar alle diese Gefühle und Stimmungen sind auch dort bekannt, aber man soll in ihnen nicht stecken bleiben, man soll an sich selbst arbeiten und erhält die Verheißung des Fortschritts, und man soll dem Übel widerstehen und erhält die Verheißung des Siegs, wenn auch nicht eines vollkommenen. Auch soll man nicht daran verzweifeln, in dieses Saeculum die Gerechtigkeit und die Kräfte des Guten, welche die Kirche darbietet, einzuführen, vielmehr soll man ein Mitarbeiter und Mitstreiter Gottes und der Kirche werden in der freudigen Zuversicht, daß es gelingen kann, die Herrschaft Gottes in der Welt aufzurichten. Neben den passiven Tugenden gilt es also die aktiven zu pflegen, sich durch dieselben miteinander zu verbinden und nun in Gemeinsamkeit unter der Fahne der Kirche der Welt zu Leibe zu gehen, um sie zu unterwerfen.

4. Unter der Fahne der Kirche — was bedeutet die Kirche im Orient und im Okzident und wie stellt sie sich zum Staat und zum Volkstum? Das ist das umfangreichste Kapitel, aus dem nur die Hauptabschnitte hervorgehoben werden können. In beiden Kirchen gilt die Kirche als die Hüterin des christlichen Erbes (der Tradition), als die Lehrerin des wahren Glaubens, als die Verwalterin der göttlichen Gaben und als die Mutter der Gläubigen; aber auf diesem gemeinsamen Grunde sind die Unterschiede so groß, daß man sie auf Antithesen zu bringen vermag. Von einem Differenzpunkte aus ist die Entwicklung dort und hier in entgegengesetzter Richtung gegangen:

Morgenland:	Abendland:
(a) Die Kirche ist primär und ganz wesentlich Jenseitigkeitsanstalt; sie erfüllt die Gläubigen mit den Kräften der himmlischen Welt, die auf das Jenseits vorbereiten und einen Vorschmack desselben bieten; die sittlichen Impulse, die sie gibt, sind daher primär weltflüchtiger Art (negative und passive Tugenden).	Die Kirche ist Jenseitigkeitsanstalt, aber sie ist zugleich das Reich Gottes auf Erden; daher kommt es neben den weltflüchtigen Tugenden auf die weltbeherrschenden an, und der einzelne soll und muß von der Kirche eine positive sittliche Charakterbildung empfangen.
(b) Die Kirche bedarf des Weltgeistlichen und des Mönchs: in der Schätzung aber ist dieser jenem faktisch übergeordnet, weil er dem Jenseits nähersteht; auch ist die Spannung zwischen beiden nicht gering.	Die Kirche bedarf des Weltgeistlichen und des Mönchs; in der Schätzung aber ist jener diesem übergeordnet, weshalb auch fast alle Mönche zugleich Priester sind. Die Weltpriester und Mönche stehen sich sehr nahe.

(c) Der Weltgeistliche ist primär priesterlicher Liturg und nur sekundär richterlicher Seelenleiter.

Der Weltgeistliche ist priesterlicher Liturg und richterlicher Seelenleiter; aber faktisch überragt seine Wirksamkeit als Seelenleiter jene andere Funktion.

(d) Da die Kirche es allein mit der Seligkeit ihrer Glieder zu tun hat, soll sie kein Staat sein.

Da die Aufgabe der Kirche auch Verwirklichung der alles umspannenden Herrschaft Christi auf Erden einschließt, muß sie ein Staat sein.

(e) Die Organisation der Kirche bedarf daher auch keine weltliche Regierungsgewalt und keine höhere Instanz als die einer heiligen Ratsversammlung für Glaube und kirchliche Sitte, die mit unfehlbarer Sicherheit nach den Vorschriften des Altertums entscheidet.

Die Organisation der Kirche bedarf daher einer wirklichen und stetigen Regierungsgewalt, die mit unfehlbarer Sicherheit ex sese entscheidet. Eine solche ist nur in einem absoluten Monarchen als Stellvertreter Christi auf Erden gegeben.

(f) Weil die Kirche kein Staat ist und im Grunde keine positiven irdischen Aufgaben hat, so kann und soll sie sich vertrauensvoll dem Staate in Unter- und Überordnung zugesellen unter der Voraussetzung, daß der Lenker des Staats orthodox ist. Das höchste Ideal auf Erden ist eine allgemeine orthodoxe Kirche im engen Bunde mit dem orthodoxen Weltkaiser; doch ist die Verwirklichung dieses Ideals nicht notwendig. Auch mehrere orthodoxe Staaten mit den zugehörigen orthodoxen Staatskirchen können nebeneinander bestehen[1].

Weil die Kirche das gottgewollte Reich auf Erden ist, so kann es nur eine einheitlich regierte und in sich nicht differenzierte Kirche geben, also nicht verschiedene Staatskirchen. Die Staaten selbst aber haben nur soweit ein Recht auf Existenz, als sie sich in allen Grundfragen der sittlich-sozialen Lebensbewegung dem Kirchenreiche unterordnen. Die es nicht tun, können eben nur ad tempus ertragen werden. Die Idee des Weltkaisers aber ist des Antichristentums verdächtig.

(g) Die Kirche bedarf unter der Voraussetzung, daß der Staat orthodox ist, keiner anderen Selbständigkeit, Freiheit und Herrschaft als

Die Kirche bedarf der vollen Selbständigkeit gegenüber dem Staat, der absoluten Freiheit und Aktionsfreiheit gegenüber der Welt sowie

[1] Es ist höchst bezeichnend, daß sich im Morgenland jeder Nationalitätssplitter, der zur Nation wird, alsbald und wie selbstverständlich dem Patriarchat von Konstantinopel entzieht und seine eigene orthodoxe Nationalkirche bildet. Auf diese Weise ist jenes Patriarchat bereits ganz zusammengeschrumpft — unter Protesten, die gar nicht durchschlagend sein konnten, weil jene kirchenpolitisch Abtrünnigen den volks- und staatskirchlichen Geist der Kirche für sich haben.

derjenigen, die ihr Kultus und ihre Kirchensitte verlangen.

(h) Da die Kirche über Lehre, Kultus und Kirchensitte hinaus keinen Spielraum begehrt, so soll sie sich nicht nur dem orthodoxen Staat zugesellen, sondern sich auch an Volkstum und volkstümliche Sitte anschmiegen und sie, unter der Voraussetzung, selbst als das nationale Palladium zu gelten, pflegen und konservieren (patriotische Kirchlichkeit). Daher sollen auch die Priester verheiratet sein und im bürgerlichen Leben stehen.

(i) Da die Kirche alles, was nicht Lehre, Kultus und Kirchensitte ist, dem Staat und dem Volkstum überläßt, so kann und will sie selbst in absoluter Unveränderlichkeit verharren. Eben darin erblickt sie ihre göttliche Legitimität und Wahrheit und faßt deshalb sich und ihre Tradition als das von Gott selbst gewirkte »Altertum«. Von hier aus beurteilt sie das Neue, von welchem sie das ganze Abendland erfüllt sieht, schon deshalb, weil es neu ist, als Würdelosigkeit, schlimme Zerfahrenheit und Häresie.

aller äußeren Mittel des Rechts und der Strafgewalt, die auch die Staaten für ihre Regierung bedürfen.

Da Volkstum, volkstümliche Sitte und Patriotismus zum Saeculum gehören, so bedürfen sie der kirchlichen Leitung und der Durchdringung mit kirchlichem Geiste, um überhaupt erträglich zu sein. Nationalkirchen sind ebenso schlimm wie Staatskirchen, wenn das Nationale innerhalb der Kirche mehr sein will als eine Etikette. Welcher Spielraum dem Nationalen sonst gewährt werden kann, bestimmt die Oberleitung nach universalkirchlichen politischen Erwägungen. Alle Priester müssen unverheiratet sein, um nicht in das national-bürgerliche Leben verflochten zu werden[1].

Die Kirche ist durch ihren Glaubens- und Sittlichkeitsbesitz unveränderlich und genau dieselbe, die sie bei ihrer Stiftung war. Aber weder sind Kultus, Disziplin und Kirchensitte ebenso unveränderlich — namentlich die beiden letzteren können von der Kirchenregierung eingreifend umgestaltet werden —, noch schließt der unveränderliche Glaubensbesitz (Tradition) es aus, bisher nicht definierte Glaubenslehren nunmehr zu definieren und unbestimmtere Fassungen durch bestimmtere zu ersetzen. Das Traditionsprinzip in der Hand des Papstes wird faktisch zum Progressionsprinzip, wenn die Kirche, um ihre Stellung in der Welt zu befestigen, Neuerungen nötig hat.

[1] Auch in den mit ihr unierten orientalischen Kirchen arbeitet die römische Kirche auf den Priesterzölibat hin, wenn sie ihn auch einstweilen nicht fordert.

Überblickt man diese Tabelle und die drei Abschnitte, die ihr vorangehen, so kann man über Geist und Art der morgenländischen Kirche nicht im Zweifel sein. Sie ist das fast vollkommene Beispiel einer zuversichtlichen Jenseitigkeitsreligion, die, indem sie das Höchste in Aussicht stellt — zukünftiges göttliches Leben — die Erde nur noch mit dem Fuße streift, die in bezug auf das irdische Leben zwar im Bunde steht mit der Moral und der höchsten sittlichen Anspannung, aber diese in der Richtung der Askese leitet, die neben der Zubereitung auf das Jenseits, welche in der Askese liegt, ihren Gläubigen in dem Kultus, in den Sakramenten und namentlich in den Bildern einen heiligen ästhetischen Genuß und den Vorschmack des göttlichen Lebens der Unsterblichkeit bereitet, und die endlich in den Engeln und Heiligen eine Kette von Heilanden und Helfern schauen läßt, die vom Himmel zur Erde führt und abwärts und aufwärts wirksam ist. Der Vorschmack und Genuß des himmlischen Lebens entsteht aber auch in der Kontemplation und Meditation der Gottheit, des Gottmenschen, des ganzen oberen Kosmos und des Kultus, also in der Mystik. Ein tiefer, zur Todessehnsucht gesteigerter Pessimismus in bezug auf die Erde und das Erdenleben und ein vollkommener religiöser Quietismus ist das Korrelat zu der sicheren Hoffnung auf das Jenseits und zu den ästhetisch-mystischen Genüssen, die mit allem Ernste als tiefe Tröstungen empfunden werden. Da aber kein Gemeinwesen und namentlich kein Volk in Pessimismus und Quietismus verharren kann, so tritt im Orient neben die Kirche das volkstümlich-nationale Leben, zwar nicht mit voller Naturkraft — das läßt die religiös-kirchliche Stimmung nicht zu —, aber doch als der allein aktive Faktor. Die Kirche hat, aus der Not eine Tugend machend, ihm und dem Staate den weitesten Spielraum lassen müssen. So ist eine paradoxe Verbindung von Religion und Kirche einerseits und Volkstum und Staat anderseits entstanden, die die Kirche auf die tiefe Stufe einer zeremoniösen Kultusanstalt für alle diejenigen herabsetzt, die der Jenseitsverkündigung und der Askese nicht zugänglich sind. Und diese Verbindung hat ferner die Kirche in ein nationales Palladium verwandelt, um welches geschart, Volk und Staat ihre Eigenart und Unabhängigkeit sichern und verteidigen. Wer aber als ernster orientalischer Christ, gestützt auf die nicht vergessenen Worte Christi und die asketischen Anweisungen der Kirche, in dieser Geltung der Kirche als purer Kultusanstalt und als gefügiger Gehilfin des nationalen Staats eine entsetzliche Verkehrtheit empfindet, flüchtet sich entweder resigniert in das Kloster — obschon es auch da Mönche genug gibt, die das Staatskirchenideal aufrechterhalten — oder wird, noch konsequenter, zum entschlossenen Sektierer und zum »ausbrüchigen« frommen Anarchisten, der der Kirche, dem Staat und der Gesellschaft

samt ihrer ganzen Kultur in Kraft der Sprüche Jesu den Krieg erklärt. Der religiöse, sanfte und doch alles zerstörende Anarchismus Tolstois ist der Revers der Münze, die im Avers die dem Staate völlig eingeschmiegte orthodoxe Kirche zeigt[1]. Die vollkommene Verquickung von Staat und Kirche, die im geheimen doch als die unvereinbaren Gegensätze von Diesseits und Jenseits, Aktivität und Quietismus empfunden werden, hat die Folge, daß für Tausende das System aus dem Gleichgewicht kommt: die einen sehen dann in der Kirche lediglich das nationale Palladium, ohne sich um ihren religiösen Geist noch im geringsten zu kümmern[2], und die anderen sehen umgekehrt in Staat und Gesellschaft die babylonische Macht, welche der religiöse Geist negieren und zertrümmern muß.

Wie hat diese so beschaffene Kirche entstehen können? Daß sie nicht einfach die Fortsetzung der Jüngergemeinde in Palästina ist, ist ohne weiteres klar und bedarf keines Wortes. Aber ebenso klar ist auch die positive Antwort: Diese Kirche ist die stehengebliebene religiöse, philosophische und ästhetische Kultur des Morgenlands des 3. Jahrhunderts, mit der freilich zwei gewaltige Veränderungen vor sich gegangen sind, durch die sie erst stabiliert worden ist. Diese beiden Veränderungen sind darin gegeben, daß erstens durch den Eintritt des Christentums in dieses Gefüge alle nicht mehr erträglichen grob polytheistischen Elemente ausgetilgt worden sind[3] und ihm durch die Einführung der beiden Testamente ein Zentrum von besonderer religiöser Kraft und Fülle gegeben worden ist[4], und zweitens, daß dieses Christentum eine Organisation der Gesellschaft von unvergleichlicher Stärke mitbrachte, welche

---

[1] Eine geheime Bewunderung und Verehrung Tolstois herrscht bis tief in die Kreise der russischen Geistlichen, Mönche und Staatsbeamten hinein; denn indem er die Staatskirche, den Staat und die Kultur negierte, verfolgte er die stärkste, wenn auch niedergehaltene Stimmungslinie des morgenländischen Christentums. So wie diese Kirche ist, müßte sie ihn zugleich verdammen und apotheosieren. Sie hat auch etwas Ähnliches wirklich getan. — Daß auf dem Boden der eigentlich griechischen Kirchen keine Tolstois hervorgetreten sind, erklärt sich erstlich daraus, daß zahllose Tolstois schweigend ihr Leben führen, sodann daraus, daß diese Kirchen Jahrhunderte hindurch unter dem Türken standen, unter dessen Druck jeder Grieche zur Verteidigung seiner nationalen Staatskirche genötigt war (s. o.), also die »ausbrüchige« Frömmigkeit nicht aufkommen lassen durfte.

[2] Das gilt z. B. von zahlreichen gebildeten Russen und Armeniern, und bei anderen morgenländischen christlichen Völkern ist es nicht anders. Die schrecklichen Greueltaten patriotischer Banden auf der Balkanhalbinsel zeigen, daß, wo der Patriotismus entflammt ist, zwar nicht die Kirche, wohl aber die Christlichkeit der Kirche vollkommen ausgeschaltet ist.

[3] In feiner und bedingter Form sind sie alle noch vorhanden.

[4] Ein »Mythus«, der alle übrigen Mythen verblassen ließ.

allen Rivalen fehlte[1] und den genialen Konstantin veranlaßte, auf den schon vollzogenen Bund zwischen der griechischen religiösen Hochkultur und dem Christentum das staatliche Siegel zu drücken[2].

Kann man zweifeln, daß der Geist der morgenländischen Kirche den Geist der griechischen religiösen Hochkultur des 3. Jahrhunderts wiedergibt? Dort und hier Tod und Leben — βροτοί und ἀθάνατοι — der Grundgegensatz: dort und hier die Sehnsucht, ihn zu überwinden, hier aber mit der plerophorischen Zuversicht, daß er überwunden sei; dort und hier die Mysterien, die Kontemplation und die Askese als die Mittel der Aneignung des Heils; dort und hier der ästhetische Genuß des Heiligen schon im Diesseits; dort und hier der Mysterienkultus und die Bilder; dort und hier die tiefe pessimistische Stimmung gegenüber der Welt, der Quietismus, die Scheu vor dem Mundus und Saeculum und die Weltflucht! Was hinzugetreten ist, ist der neue »Mythus«[3], der durch seine Kraft und Fülle die alten überwunden hat[4], und ist die staatliche Gewalt, die sich durch die kirchliche verstärkt hat, um sie dann seinerseits wiederum zu verstärken: Plotin, Christus[5], Konstantin — das sind die Grundsäulen des großen Gefüges[6]!

Sofern die religiöse, philosophische und ästhetische Kultur des Morgenlands des 3. Jahrhunderts das Ergebnis der Gesamtgeschichte des Morgenlands — in der letzten großen Hauptphase unter Führung der Griechen — ist, repräsentiert die morgenländische Kirche bis heute eben dieses Ergebnis. Und zwar repräsentiert sie es heute noch in der Zuständlichkeit des 3. Jahrhunderts. Die morgenländische Kirche ist in kultureller, philosophischer und religiöser Hinsicht das versteinerte 3. Jahrhundert. Selbst alle psychologischen und Gemütsmomente, die im 3. Jahrhundert durch die äußere und innere Geschichte hervorgerufen waren — die Ermüdung, der

---

[1] Wie hat sich Julian darum bemüht, eine solche Organisation für seine dem damaligen Christentum innerlich nahe verwandte Religion zu schaffen!

[2] Dadurch ist es gekommen, daß diese Form der neuplatonisch-ästhetisch-quietistischen Kultur zum staatlichen Palladium werden konnte, was keiner ihrer anderen Spielarten zuteil geworden ist und als eine der paradoxesten Tatsachen der Weltgeschichte erscheint.

[3] Als Evangelium im Sinne der Sprüche Jesu und als Evangelium im Sinne der Verkündigung des Gottmenschen. Ich brauche hier das Wort »Mythus« in dem antiken Verständnis.

[4] In christlicher Umformung kehrte freilich ein Teil von ihnen wieder zurück, mußte sich aber nun in den Heiligengeschichten mit dem zweiten Platze begnügen.

[5] Als Lehrer (durch seine Sprüche) und als dogmatischer Christus (der Gottmensch).

[6] Man vergleiche hierzu die posthume Schrift von G. Loeschcke, Zwei kirchengeschichtliche Entwürfe, 1913.

Quietismus, der partielle Verfall, der Weltüberdruß, die Sehnsucht nach dem Jenseits und die Zuversicht, es gewonnen zu haben —, sind hier auf immer konserviert[1]. Sofern und soweit ein aktives Element hinzugekommen ist, hat es Konstantin hinzugefügt, und es ist daher auch schließlich rein staatlich geblieben.

Damit ist auch gesagt, in welchem Sinne der Geist der morgenländischen Kirche als Rassengeist in Anspruch zu nehmen ist. Gewiß läßt sich etwas von spezifisch griechischem Geist in ihm spüren, vor allem im Platonismus der Kirche, sodann in ästhetischer Hinsicht (Eigenart des Bilderdienstes); aber der große Gegensatz: βροτοί — ἀθάνατοι, und seine Überwindung ist nicht spezifisch griechisch, sondern auch orientalisch[2]; der Platonismus hat im Neuplatonismus überhaupt und im kirchlichen Neuplatonismus insbesondere ebenfalls sehr starke orientalische Einflüsse erlebt, und das Ästhetische anlangend, so hat das Griechentum in der Kirche seine ganze Plastik darangeben und außerdem die fast unvollziehbare Aufgabe auf sich nehmen müssen, statt einer Ästhetik des Sinnlichen und des Lebens eine Ästhetik des Übersinnlichen und des Todes auszubilden[3]. Daß der Geist der morgenländischen Kirche spezifisch griechisch sei, darf man daher nicht behaupten. Er ist der Geist des im 3. Jahrhundert perfekten Synkretismus, an welchem der ganze Orient seinen Anteil hat. Also ist der Geist der morgenländischen Kirche kein Rassengeist; er ist auf Grund weit zurückliegender und sehr mannigfaltiger Anlagen verschiedener Völker, die allmählich eine gemeinsame Geschichte erlebten, der Exponent dessen,

[1] Die Jahrhunderte der dogmatischen Kämpfe haben der Kirche den unvergleichlichen Dienst getan, das Herzstück ihres Glaubens — das Stück, welches sie als erlebte und fortwirkende Tatsache dem neuplatonischen Lehrgebäude einfügte — zu präzisieren und zu sichern. Aber an der Stimmung und Art des Glaubens und der Weltanschauung des 3. Jahrhunderts haben sie schlechterdings nichts geändert, und ein Origenes besaß jenes Herzstück auch schon so sicher wie die späteren Jahrhunderte, wenn er auch in den Formeln unpräziser und in der Weltanschauung hellenischer und freier war. Über das 3. Jahrhundert darf man aber nicht hinaufgehen; denn das 2. Jahrhundert bietet noch ein wesentlich anderes Bild. Andererseits darf man unter das 3. Jahrhundert nicht heruntergehen; denn die folgenden Jahrhunderte haben überhaupt keinen selbständigen »Geist« und haben auch dem Geist des 3. Jahrhunderts nichts Geistiges, sondern nur alten und neuen Aberglauben hinzugefügt.

[2] Die Versuche zur Überwindung des großen Gegensatzes durch Mystik sind überhaupt nicht genuin griechisch, sondern orientalisch; aber die Versuche, auf dem Wege des denkenden Geistes die Überwindung herbeizuführen, sind allerdings griechisch.

[3] In dem Heiligentypus entkörperter Erhabenheit und in gewissen Anfängen der Seelenmalerei ist diese Aufgabe vollzogen — soweit sie damals vollziehbar war. Daß sie schließlich doch nicht unvollziehbar ist, hat die von Cimabue und Giotto anhebende Entwicklung gezeigt.

was die politischen und intellektuellen Erlebnisse in einer langen Geschichte aus diesen Völkern gemacht haben. Das Griechische hatte dabei in bezug auf den Geist und die Unifizierung die Führung, weil die Erlebnisse dieses Volks tiefere waren als die der anderen Völker und weil es durch Alexander den Großen die orientalischen Völker mit seiner Kultur überzog. Es behielt auch in der Gesamtkirche zunächst[1] die Herrschaft, weil der Staat griechisch war.

Es erheben sich aber, bevor wir nochmals einen Blick auf das Abendland werfen, hier zwei Fragen: Wie war es möglich, daß sich die von Palästina ausgegangene Bewegung so rasch in die religiöse, philosophische und ästhetische Kultur der Zeit einfügte, also, wie es scheint, ihre Eigenart so schnell aufgab? Und wie hat sich das kirchliche Gebilde, das im 3. Jahrhundert entstanden und von Konstantin staatlich approbiert worden ist, so unverändert nun 1600 Jahre erhalten? Beide Probleme hängen aufs engste zusammen.

Die erste Frage mag befremdlich erscheinen[2]. Hat nicht die Kirche drei Jahrhunderte lang einen schweren Kampf mit dem Staat und der Gesellschaft geführt? Hat sie in diesem Kampf nicht ihre Eigenart verteidigt und zum Siege geführt? Was will man also mehr von ihr verlangen? Nun — es wäre zu zeigen, daß sich die Kirche in dieser ganzen Zeit mindestens ebenso stark dem Staat und der Gesellschaft aufzudrängen und mit den Kräften dieser seiner Gegner sich selbst auszugestalten getrachtet, und daß sie bei diesen erfolgreichen Versuchen ihre von den Propheten und von Jesus herstammende Eigenart als private und brüderliche Religion zu einem großen Teile schon bis zur Mitte des 3. Jahrhunderts eingebüßt hat. Doch würde hier der

---

[1] Nur zunächst — die Abbröckelung der einzelnen morgenländischen Völker begann sehr bald.

[2] Die tiefste Antwort auf diese Frage liegt an einem Punkte, der hier nicht erörtert werden kann: Das Evangelium war keine religio publica und sollte in seinem Sinne auch keine solche werden. Das Evangelium bezieht sich auf das Individuum und seine Seele. Jünger Jesu konnte und sollte man sein innerhalb der jüdischen Volks- und Kultusgemeinschaft. Fiel diese weg, so blieb zunächst ganz unbestimmt, wie es nun mit der religio publica gehalten werden sollte. Viele Möglichkeiten taten sich auf. Entwickelte sich auch alsbald der Christuskultus zum Herzstück einer neuen religio publica, so fehlte diesem Mittelpunkt doch noch die ganze Peripherie. Diese mußte aus den Impressionen der Umwelt geschaffen werden, soweit man nicht durch Vermittlung des heiligen Buchs doch wieder auf das Judentum zurückgriff. Fragt man also, warum die christliche Religion so schnell ihre Eigenart aufgegeben hat, so muß die erste Antwort lauten: eine Eigenart als religio publica hat die christliche Religion niemals verloren, weil sie sie niemals besessen hat. In der zweiten Antwort müßte man sodann auf eine gewisse Wahlverwandtschaft zwischen dem Evangelium (bzw. auch dem Spätjudentum) und einigen neuplatonisch-stoischen Hauptgedanken und Richtlinien hinweisen. Nun erst käme die Antwort, die im Texte gegeben ist.

Nachweis zu weit führen[1]. Wichtig ist in diesem Zusammenhang aber folgendes: Die ganze morgenländische Kirche hat von Paulus und Johannes, die nur zum kleinsten Teil verstanden worden sind, bis zu den Tagen Konstantins nur zwei geistig wirklich hervorragende Männer besessen[2] — Clemens Alexandrinus und Origenes. Da diese aber synkretistische Platoniker waren, die das Christentum in die Denkweise der Zeit hineinzogen, so diente ihr Werk nur zur Verstärkung des herrschenden Zugs der Zeit in der Kirche. Die morgenländische Kirche hat keinen christlichen Denker erlebt, der die Gedanken des Apostels Paulus aufgenommen und fortgesetzt hätte[3], keinen, der gar die Verkündigung Jesu zum Fundament einer wirklichen Neubildung gemacht hätte, also überhaupt keinen, der mit kongenialer Originalität die neue Predigt gestaltete. Daß hier nicht Unmögliches verlangt wird, zeigt ein Blick auf die Geschichte der abendländischen Kirche, die freilich eine selbständigere Entwicklung viel leichter hatte, weil die religiöse und philosophische Kultur, die ihr gegenüberstand, ungleich schwächer und oberflächlicher war als die griechisch-morgenländische. Es soll auch der hohe Wert des engen Bundes der neuen Religion mit dem Hellenismus — bis zur endgültigen Verschmelzung hin — gar nicht in Abrede gestellt und überhaupt nichts kritisiert werden, sondern nur um die Tatsache handelt es sich, daß sich die morgenländische Kirche nicht nur mit Elementen des Hellenismus erfüllt, sondern diesen Hellenismus selbst, wie er auf der Stufe des 3. Jahrhunderts sich entfaltet hatte, in sich verewigt hat[4].

[1] Vgl. meine Abhandlung: »Über das Verhältnis von Staat und Kirche bis zur Gründung der Staatskirche« in der »Kultur der Gegenwart«. Der außerordentlich kräftige Missionstrieb der Kirche, den sie vom Judentum geerbt, aber noch verstärkt hat, kommt hier besonders in Betracht. Mission im großen Stil aber kann man nicht treiben, ohne sich dem Missionsfelde in immer steigendem Maße anzupassen.

[2] Sie hat Heroen der Geduld, der Aufopferung und des Todesmuts zahlreich besessen.

[3] Mit dem meisten Recht läßt sich das noch von Marcion einerseits, von Irenäus anderseits sagen; aber der prinzipielle Dualismus jenes verdarb seine besten Einsichten, und dieser blieb in ganz ausgezeichneten Ansätzen stecken und war schließlich, als ein zwar hervorragender, aber für die große Aufgabe doch zu enger Kopf, nicht fähig, die apologetische Theologie seiner Vorgänger, die die neue Religion grundlegend hellenisiert hatten, zu durchbrechen.

[4] Wodurch sich die Kirche noch immer von anderen Spielarten des Hellenismus eigenartig unterschied und welche Elemente sie aus dem Judentum und der evangelischen Verkündigung als konstitutive noch beibehalten hat, davon ist hier nicht zu handeln, da diese Elemente den Geist und die innere Stimmung, die die Kirche mit dem Hellenismus des 3. Jahrhunderts teilte, nicht wesentlich modifizierten. Aber freilich dadurch modifizierten sie sie, daß sie auf Grund der beiden Testamente und sub specie Christi eine Gewißheit hinzufügten, die geradezu als die Eigenart der Kirche bezeichnet werden darf. Wenn man in der philosophischen Dogmatik der Kirche ihre

Was aber von den drei ersten Jahrhunderten der morgenländischen Kirche gilt, gilt auch von den folgenden — die Kirche hat keine kraftvollen, originalen Denker erlebt oder vielmehr: ihre kraftvollen Männer, an denen es nicht gefehlt hat, waren keine dem Evangelium kongenialen Denker, und ihren Denkern mangelte, sei es jede Ursprünglichkeit, sei es die Kraft, sich durchzusetzen. Die Kappadozier, ihre besten Theologen, können doch höchstens als Denker zweiten Ranges bezeichnet werden; wirkliche Originalität fehlte ihnen vollkommen, und sie waren und blieben als Origenesschüler völlig eingetaucht in den Geist und die Stimmung des 3. Jahrhunderts. Die antiochenischen Theologen aber[1], welche kräftige Versuche gemacht haben, die Kirche aus diesem Geist und dieser Stimmung herauszuführen, waren doch nicht kräftig genug, um sich durchzusetzen und blieben trotz aller Anläufe, die Methistorie an die Stelle der Metaphysik zu setzen, durch ihre Hochschätzung des Kosmologischen und Mönchischen selbst im alten Geiste stecken. Vor allem aber — die bereits im 4. Jahrhundert einsetzenden und beharrlichen Versuche des Staats, die Eigenart der Kirche, wo sie ihm unbequem war, zu beugen und zugleich den Rest ihrer Selbständigkeit auszutilgen, nötigten die Kirche zu den schwersten Kämpfen. Diese vermochte sie nur zu führen, indem sie ihre gegebene Eigenart jeder Kritik und jeder Änderung entzog[2]. Der teils latente, teils offene, aber in Wahrheit ununterbrochene Krieg mit dem Staat von Athanasius bis zum Bilderstreit ließ innerkirchliche Reformationsmöglichkeiten gar nicht aufkommen. Nach dem Ausgang des Bilderstreits wurde schließlich die endgültige Regelung gefunden: die Kirche verlor ihre Selbständigkeit, aber behielt ihre Eigenart, mit der der Staat sich fortab nicht nur abfand, sondern nunmehr wirklich zu befreunden vermochte. Diese Eigenart war noch immer der Geist des 3. Jahrhunderts. Ihn haben Männer wie Athanasius, Cyrill, Dioskur, Maximus Confessor und Theodorus Studita durch die lange Reihe der Jahrhunderte hindurch konserviert und gerettet, gerettet vor einer cäsaropapistischen Religion, deren Sieg eine vollkommene Profanisierung bedeutet hätte[3]. Calvins und Cromwells

---

Eigenart erblickt (Trinitätslehre und Christologie), so ist das zunächst ein Irrtum. Aber für das unphilosophische Motiv hinter diesen hellenischen Gedankenbildungen (»Gott war in Christus«) ist die Behauptung richtig.

[1] An ihrer Spitze Paul von Samosata.

[2] Zu werden, was sie wurde, dazu nötigte die Kirche der Kampf mit dem Gnostizismus; zu bleiben, was sie war, dazu nötigte sie der Kampf mit dem Staat.

[3] Man tadelt auch heute wieder die Herrschsucht eines Athanasius und die rücksichtslose Weltpolitik der alexandrinischen Patriarchen; aber diese Politik galt nicht nur der Schöpfung eines alexandrinischen Kirchenstaats, sie galt auch der Erhaltung der Eigenart und Selbständigkeit der Kirche gegenüber dem Staat. Der

hat die Kirche des Morgenlands nicht erlebt — doch hat es an Männern, die ihnen nahe kamen, nicht gefehlt — und im Kampf um ihre Eigenart nicht erleben können. Diese hat sie behauptet. Aber anderseits — auch die Absichten Konstantins waren erst im 9. Jahrhundert wirklich realisiert: der Staat umklammerte dauernd die Kirche, wenn er ihr auch ihre Eigenart lassen mußte. Der Beharrungszustand war erreicht, und beide Teile waren zufrieden, wenn auch (s. o.) eine starke gegensätzliche Unterströmung im geheimen in der Kirche nachblieb. Das paradoxe sozialpolitische, staatlich-kirchliche Gebilde, welches nun perfekt war — der omnipotente Staat und die quietistische Kultuskirche in unauflöslicher Verbindung und doch im letzten Grunde kontradiktorische Gegensätze, an beide das Volkstum angeschmiegt —, hat sein Existenzrecht durch seine Dauer bewiesen und beweist es noch immer[1]. Der Eintritt der Slawen in diese Kirche und ihr Aufstieg bis zu einer Weltmacht hat schlechterdings nichts an der morgenländischen Kirche geändert. Mag sie slawischen Geist in sich aufgenommen haben oder nicht — eine Modifikation ihrer Eigenart hat sie dadurch an keinem Punkte erlebt, ja eine solche Modifikation in reformatorischem Sinne ist von den Slawen niemals auch nur versucht worden[2]. Die niederdrückende, dumpfe Macht des kirchlichen Quietismus ließ auch hier wohl mönchischen Heroismus aufkommen und stoßweise anarchischen mönchischen Radikalismus (s. o.), nicht aber Reformationen. Aber starr und sicher hält sich doch dieses staatlich-kirchliche Gebilde samt dem ihm eigentümlichen Geiste in der Geschichte aufrecht[3], gegenüber der Empfindungsweise, der Kultur und den reformatorischen Freiheits-

---

Kampf des Athanasius und seiner Freunde gegen Konstantius ist wie der Kampf der Bischöfe gegen die bilderstürmenden Kaiser zu beurteilen.

[1] Wenn eine historische Entwicklung bis zur complexio oppositorum vorgeschritten ist, d. h. wenn sie die großen Gegensätze in ihrer Mitte zu umspannen vermag, ist sie stets am machtvollsten und dauerndsten. Daß sich die morgenländische Ordnung der Dinge nun schon mehr als tausend Jahre erhalten und von Konstantinopel nach Petersburg verpflanzt hat, verdankt sie der gewonnenen Fähigkeit, jene complexio zu vollziehen. Im Morgenland vollzieht sie sich so, daß die Rollen an den Staat und die Kirche, obschon sie zu einer Einheit verschmolzen sind, verteilt sind; im Abendland stellt die Kirche selbst die complexio oppositorum dar, und so ausgerüstet stellt sie sich dem Staat gegenüber.

[2] Wie anders die abendländischen Slawen; man erinnere sich der husitischen Bewegung! Auch hier sieht man wieder, daß es die Rasse allein nicht macht und daß die erlebte Geschichte mächtiger ist.

[3] Der russische Großstaat, der an die Stelle des byzantinischen getreten ist, ist ein Beweis, daß von Konstantin etwas Geschlossenes und Dauerhaftes begründet worden ist.

kämpfen und -errungenschaften des Abendlands; ja es lehnt sie als seine Feinde ab[1].

Der Geist der abendländischen Kirche — schon am Ende des 1. Jahrhunderts spürt man ihn im Briefe des römischen Klemens, obschon dieser Brief noch in griechischem Gewande steckt. Man spürt ihn in Tertullian und Novatian, den adsertores evangelii, in Cyprian, dem gewaltigen Kirchenorganisator, in den Maßnahmen und praktischen Ordnungen der römischen Bischöfe, in den Gedanken und Anordnungen über Kircheneinheit und Kirchenzucht, in den Invektiven des Luzifer von Cagliari und des Hilarius von Poitiers gegen den Kaiser und den Staat, am selbstbewußtesten und kräftigsten in der Haltung des Ambrosius von Mailand. Wo dieser Geist gezwungen wird, in den Spuren des griechischen Geistes zu gehen, bleibt er in den vier ersten Jahrhunderten noch weit hinter diesem zurück; aber wo es sich um kraftvolles Erfassen der Wirklichkeit, um aktive Christlichkeit, um kirchliche Selbständigkeit und um den entscheidenden Einfluß des Christlichen auf das Leben handelt, da ist er dem griechischen Geist schon damals überlegen gewesen. Dann aber erschien der Abendländer, der den ganzen Geist des griechischen Christentums in sich aufgenommen und tiefer verarbeitet hat als irgendein griechischer Christ vor ihm, der aber nicht in ihm stecken blieb, sondern ihn durch Rückgang auf Paulus und durch die geniale Objektivierung seiner eigenen religiösen und kirchlichen Erfahrung neue Elemente zuführte, die ihn umbilden mußten. Wie jeder wahrhaft epochemachende Mann auf dem Gebiete des Geistes erscheint Augustin zunächst nicht als ein Auflösender, sondern als Vollender; denn das große triebkräftige Neue besteht niemals in runden neuen Sätzen, sondern in einer neuen Richtung und in der Kraft, mit der diese Richtung aufgezwungen wird[2]. Alles, was Augustin Neues gebracht

[1] Die teilweise Rezeption der abendländischen Zivilisation darf über diese Tatsache nicht täuschen. Auch die Japaner treten ja nicht dadurch schon in die abendländische Kulturgemeinschaft, daß sie sich unsre Zivilisation, die doch vor allem Technik ist, aneignen. Ob die abendländischen Dynastien in Rumänien, Griechenland und Bulgarien den Geist des Morgenlands und seiner Kirche stärker beeinflussen werden als die abendländische Dynastie in Rußland dieses Reich, muß man abwarten. Möglich wäre es, da für kleinere Staaten die Macht der Überlieferung nicht so gewaltig ist wie für größere. Übrigens werden die zukünftigen Herrscher jener drei Reiche sämtlich orthodox sein, und daß ihnen dann die Orthodoxie, weil sie zugleich Patriotismus ist, in Fleisch und Blut übergehen wird, ist nach dem russischen Vorbild immerhin wahrscheinlich.

[2] Die weltgeschichtliche Stellung Augustins ist mit der Rousseaus vergleichbar. Beide vollenden den Geist der Periode, zu der sie gehören, und führen ihn zugleich auf eine ganz neue Stufe. Daß sie beide »genial« im höchsten Sinne des Worts gewesen sind und beide »Bekenntnisse« geschrieben haben, ist nicht zufällig.

hat, liegt als zukunftsreicher Keim in seinen Schriften verborgen und hat sich erst allmählich in der Geschichte entfaltet. Das Größte hier aber war die Richtung auf das Individuum und — ohne das jenseitige Ziel verblassen zu lassen — die Richtung auf die Durchdringung dieser Welt in der Gesamtheit ihres Gefüges mit den Kräften des Heiligen und Guten[1]. Indem dies als Hauptaufgabe erkannt wurde, ließ sich die abendländische Kirche von keiner Macht dauernd die Aufgabe abtrotzen, die Erziehung der Völker und der Einzelnen zu leiten, und wehrte sich daher energisch und siegreich dagegen, auf die Stufe einer bloßen Kultusanstalt herabgedrückt zu werden[2]. Neben den Staat trat im Abendland die Kirche als selbständiger Faktor — mit Augustins großem Werke »De civitate dei« und mit seinen übrigen Schriften in der Hand. Was aus diesen Schriften herausgelesen oder unter ihrer Anregung behauptet wurde, stand zu einem großen Teile gar nicht in ihnen; aber es wuchs doch aus ihnen heraus. Aus der ungeheuren und lebendigen Spannung zwischen Kirche und Staat, die nun entstand, entwickelte sich der eigentümlich abendländische Geist des Individualismus, der gewissenhaften Sorge für das Diesseits, der aktiven Frömmigkeit, der Bezwingung der Welt durch immer höhere Gesittung — die civitas dei![3] Von der spezifischen Ausgestaltung dieses Geistes im Protestantismus soll hier geschwiegen werden, und schweigen darf der Historiker in diesem Zusammenhang auch von den schweren Gravamina in bezug auf die Art, wie Rom die moralisch-religiöse Durchdringung der Welt und die kirchliche Aktivität verstanden hat und versteht. Denn es bleibt doch dabei, daß es, gemessen an dem Geist der morgenländischen Kirche, einen abendländischen religiösen und sittlichen Geist als eigentümliche und geschlossene Größe und als Faktor des Fortschritts gibt, in welchem Millionen von Katholiken mit Protestanten zusammenstehen.

Auf der Balkanhalbinsel wird zur Zeit an einer neuen Grenzlinie gearbeitet. Sie wird die zukünftige Grenze zwischen Abendland und Morgenland sein. Alles Land, welches die orthodoxen Völker nach

---

[1] Das System der abendländischen Kirche gleicht einer Ellipse; es hat zwei Mittelpunkte, das Jenseits und das Reich Christi auf Erden. Das System der morgenländischen Kirche hat nur jenen Mittelpunkt und gleicht daher einem Kreise, der aber im Staate eingebettet ist.

[2] Das haben alle großen abendländischen Kaiser und Herrscher von Karl dem Großen an versucht.

[3] Sofern an dieser Entwicklung auch Sprüche Jesu und Lehren des Paulus einen bedeutenden Anteil haben, darf man sagen, daß die Christlichkeit der Kirche im Laufe ihrer abendländischen Geschichte gewachsen ist. Auch G. Loeschcke hat diese Ansicht vertreten.

dem Sturz der Türkenherrschaft erhalten, wird endgültig dem Geiste des Morgenlands untertan sein und dem tieferen Einfluß des Abendlands entrückt bleiben. Dagegen wird alles Land, welches unter den entscheidenden Einfluß von Österreich oder Italien bzw. der römischen Kirche kommt, allmählich vom Geist des Abendlands erfüllt werden. Unvergessen aber wird es bleiben, daß nicht das lateinische Kreuz, sondern allein das griechisch-slawische die Türken von der Balkanhalbinsel vertrieben und ihre Herrschaft hier vernichtet hat. Das wird den Geist des Morgenlands gegenüber dem abendländischen für die Zukunft außerordentlich stärken.

Zur Theorie der elektrischen Leitung in Metallen.

Von W. Wien
in Würzburg.

(Vorgelegt am 16. Januar 1913 [s. oben S. 49].)

Die Ergebnisse der Strahlungstheorie und die neuere Theorie der spezifischen Wärme haben den Nachweis geliefert, daß die Elektronentheorie der Metalle auf eine wesentlich neue Grundlage gestellt werden muß. Man kann nicht mehr die Annahme aufrechterhalten, daß die Elektronen in einem Metall wie freie Gasmoleküle herumfliegen und daß ihre mittlere lebendige Kraft der absoluten Temperatur des Metalls proportional ist. Solche Elektronen müssen vielmehr, wie Lorentz gezeigt hat, eine Wärmestrahlung erzeugen, die dem Rayleigh-Jeansschen Gesetz folgt, das sich bekanntlich mit der Erfahrung nicht in Übereinstimmung bringen läßt. Man würde nach diesem Gesetz für kürzere Wellenlängen eine viel größere Strahlung erhalten müssen, als sie erfahrungsmäßig vorhanden ist. Ebenso zeigt die Theorie der spezifischen Wärme, welche die Wärmebewegung in festen Körpern als Schwingungen der Moleküle um feste Zentren auffaßt und diese nach der Planckschen Formel statistisch verteilt, durch ihre Übereinstimmung mit den Beobachtungen, daß die Elektronen nicht an der Wärmeenergie merklich beteiligt sein können.

Wenn man somit auch die ursprüngliche Elektronentheorie aufzugeben gezwungen ist, so wird man doch von ihr soviel wie möglich beizubehalten suchen. Allerdings muß man auf die Allgemeingültigkeit der Drudeschen Gleichung

$$\frac{1}{2} mu^2 = \alpha T, \tag{1.}$$

welche die mittlere lebendige Kraft eines Elektrons der absoluten Temperatur proportional setzt, von vornherein verzichten. Damit fällt dann zunächst auch ein besonders schönes Ergebnis der Drudeschen Theorie, die Ableitung des Gesetzes von Wiedemann und Franz in der Form

$$\frac{k}{\sigma} = \frac{4}{3}\left(\frac{\alpha}{e}\right)^2 T, \tag{2.}$$

wo σ die elektrische, k die Wärmeleitungsfähigkeit bezeichnen, e das elektrische Elementarquantum. Denn die Gleichung (2.) stützt sich auf (1.).

Man kann nicht einmal zugeben, daß die Elektronentheorie der Metalle für höhere Temperaturen gilt, wo die spezifischen Wärmen bereits dem DULONG- und PETITschen Gesetz folgen. Denn die Strahlungstheorie läßt eine unregelmäßige Bewegung der Elektronen, welche gestattet, die Gasgesetze auf sie anzuwenden, nicht zu. Und auch die spezifischen Wärmen bei höherer Temperatur verhalten sich so, als ob nur die Moleküle an der Wärmebewegung beteiligt wären.

Wenn man nun die Frage aufwirft, wieviel man von der Elektronentheorie beibehalten kann, so wird man zunächst versucht sein, die Theorie der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle, wie sie die Elektronentheorie liefert, beizubehalten, weil man sich sonst von diesen Vorgängen überhaupt keine Vorstellungen machen könnte. Allerdings bedarf diese Theorie einer wesentlichen Umgestaltung.

KAMERLINGH ONNES hat bereits den Versuch gemacht[1], die Abhängigkeit des galvanischen Leitvermögens der Metalle von der Temperatur mit der Quantentheorie in Verbindung zu bringen. Da ja die Theorie der spezifischen Wärmen zeigt, daß die Wärmevorgänge bei tieferen Temperaturen nur durch die Quantentheorie eine Erklärung finden, so muß diese natürlich auch für alle Vorgänge, die von der Wärme beeinflußt werden, abhängig sein.

KAMERLINGH ONNES setzt den galvanischen Widerstand nicht wie die Elektronentheorie proportional der absoluten Temperatur, sondern proportional

$$\sqrt{\frac{Th\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}},$$

wo h das Wirkungsquantum PLANCKS, k die Entropiekonstante und ν die Schwingungszahl des schwingenden Atoms bezeichnen.

Die Formel ist sehr interessant, weil sie sich den Beobachtungen, von ganz tiefen Temperaturen abgesehen, gut anschließt. Da aber eine nähere Begründung nicht gegeben wird, so wird man sie als eine sich an die Quantentheorie anlehnende empirische Formel bezeichnen.

Wenn man von der Elektronentheorie die Vorstellung übernehmen will, daß die Elektrizitätsleitung in Metallen durch Elektronen geschieht, so wird man die DRUDEsche Gleichung, welche das OHMsche Gesetz darstellt, beibehalten

$$(3.)\qquad \sigma = \frac{1}{2mu}\, e^2 NL .$$

[1] KAMERLINGH ONNES, Comm. from the phys. lab. of Leiden Nr. 119, S. 23; 1911.

Hier bezeichnen σ die Leitfähigkeit, u die mittlere Geschwindigkeit, e die Ladung, L die freie Weglänge, N die Anzahl der Elektronen in 1 ccm. Man kann jedoch jetzt nicht $\frac{m}{2}u^2 = \alpha T$ setzen. Es muß also u eine andere Bedeutung haben als in der bisherigen Theorie; es muß eine Geschwindigkeit sein, die mit der Temperatur nichts zu tun hat, die also auch für $T = 0$ unverändert existiert.

Da in einem festen Metall die Wirkungssphären der Atome jedenfalls erheblich ineinander übergreifen, wird man auch von vorübergehend wirklich freien Elektronen nicht sprechen können. Die mit der Geschwindigkeit u sich bewegenden Atome bleiben daher, solange sie im Metall sind, dauernd der Wirkung der Atome unterworfen. Wenn nun die Atome im Metallkristall, wie die Kristallographie annimmt, in regelmäßiger kubischer Anordnung gelagert sind, so wird, solange die regelmäßige Lagerung nicht gestört ist, eine freie Verschiebung der Elektronen parallel den Atomreihen durch äußere elektrische Kräfte möglich sein. Im Metall müssen nun die Kräfte, welche dieser Verschiebung der bewegten Elektronen entgegenwirken, als verschwindend klein angenommen werden. Solange die Struktur des Metalls vollkommen regelmäßig ist, ist die Leitfähigkeit unendlich groß, wie sie tatsächlich von KAMERLINGH ONNES für sehr niedrige Temperaturen beobachtet wurde. Bei höheren Temperaturen treten Schwingungen der Metallatome auf, durch die die regelmäßige Anordnung gestört wird. Es werden dann Zusammenstöße der durch die äußeren elektrischen Kräfte beschleunigten Elektronen mit den aus der Gleichgewichtslage gebrachten Atomen stattfinden, und die von außen zugeführte Bewegungsenergie des Elektrons wird an das Atom übergehen und den Wärmevorrat vermehren.

Nimmt man die Gleichung (3.) mit dieser Deutung an, so werden weder u noch N von der Temperatur abhängen, solange die gegenseitige Lage der Elektronen nicht geändert ist. Es wird dann nur noch L von der Temperatur abhängen.

Daß die bisherige Annahme der Elektronentheorie, die Elektronen im Metall verhalten sich bei den Zusammenstößen mit den Atomen wie Gasatome, mit den an Kathodenstrahlen gemachten Erfahrungen nicht übereinstimmt, ist schon von LENARD[1] bemerkt. Er hat auch bereits die Anschauung vertreten, daß die Atome im festen Metall Elektronen emittieren und daß diese Emission nur von der Lage der Atome zueinander abhängt.

Unsere Vorstellung ist der LENARDschen nahe verwandt, nur daß dieser noch eine Abhängigkeit von u von der Temperatur annahm.

[1] LENARD, Ann. d. Phys. 17, S. 243, 1905.

Auch KAMERLINGH ONNES[1] hat sich auf Grund seiner Beobachtungen ähnliche Anschauungen gebildet. Schließlich hat auch STARK[2] eine widerstandslose Verschiebung der Elektronen in bestimmten Richtungen im Metall angenommen, ohne den Elektronen spontane Geschwindigkeiten zu erteilen.

Auf eine Schwierigkeit muß jedoch geachtet werden, welche der Elektronentheorie nicht entgegenstand. Es ist zunächst nicht möglich, auf dem eingeschlagenen Wege zu einer befriedigenden Theorie der Wärmeleitung zu gelangen. Dies ist die unmittelbare Folge unserer Grundannahme, daß die Elektronen an der Wärmebewegung nicht beteiligt sind. Wenn die Wärme in festen Körpern aus den elastischen Schwingungen der Moleküle besteht, so ist es von vornherein fraglich, ob die Wärmeleitung mit den Elektronen im Metall irgend etwas zu tun hat. Nur ungern wird man das schöne Ergebnis der Elektronentheorie, die Ableitung des Gesetzes von WIEDEMANN und FRANZ aufgeben. Aber es ist zunächst kein direkter Weg sichtbar, auf dem es jetzt zu gewinnen wäre.

So scheint die Frage nach der Wärmeleitung und ihrer Beziehung zur Quantentheorie noch nicht so weit vorbereitet zu sein, daß eine Theorie aufgestellt werden könnte. Wir wollen daher die Wärmeleitung zunächst ganz beiseite lassen.

Wir hatten für die elektrische Leitfähigkeit angenommen, daß ihre Abhängigkeit von der Temperatur nur daher rührt, daß die freie Weglänge von der Temperatur abhängt.

Man wird nun, ohne auf den Mechanismus der Zusammenstöße näher einzugehen, annehmen müssen, daß die Zahl der Zusammenstöße der Elektronen mit den Atomen von der Amplitüde der Schwingungen abhängig ist. In welcher Weise ist freilich unbekannt. Wenn man sich aber auf den Boden der Quantentheorie stellt und annimmt, daß die Atome nur Schwingungen ausführen können, bei denen die Energie ein ganzes Vielfaches von $h\nu$ ist, so zeigt eine nähere Überlegung, daß es nur eine Art der Abhängigkeit der Zahl der Zusammenstöße von der Amplitüde gibt, bei der diese Zahl von der Verteilung der Energieelemente auf die Atome unabhängig ist, nämlich wenn sie dem Quadrat der Amplitüde proportional ist.

Wenn die Zahl der Zusammenstöße proportional dem Quadrat der Amplitüde ist, so ist die Verteilung der Energie nach Quanten auf die einzelnen Atome offenbar gleichgültig, denn wenn ein Atom $nh\nu$ Energie hat, so wird es zu n mal so vielen Zusammenstößen Veran-

[1] KAMERLINGH ONNES, Comm. from the phys. lab. of Leiden Nr. 119, S. 22, 1911.
[2] J. STARK, Radioaktivität und Elektronik Bd. 9, S. 188, 1912.

lassung geben als eines, das $h\nu$ Energie hat. Es werden daher ebensoviele Zusammenstöße eintreten, wenn die $nh\nu$ auf n Atome gleichmäßig verteilt sind oder wenn ein Atom alle n Quanten besitzt. Das gilt offenbar nicht mehr, wenn Zusammenstöße einer andern Potenz der Amplitüde proportional sind. Wenn sie der Amplitüde direkt proportional sind, so werden um so weniger Zusammenstöße eintreten, je mehr sich die Energie in einzelnen Atomen aufhäuft. Dann kommt es wesentlich auf die Verteilung der Energieelemente auf die Atome an. Wie viele Energieelemente auf die einzelnen Atome fallen, kann aus der Boltzmannschen Gastheorie[1] entnommen werden.

Wenn die Energie in P gleiche Teile geteilt ist, also die gesamte Energie $L = P\varepsilon$ ist, und wenn die ε sich auf N Atome nach den Wahrscheinlichkeitssätzen verteilen, so ist die Anzahl N_0 der Atome, die kein ε hat $N_0 = \frac{N^2}{N+P}$, die Zahl N_1 die ein ε hat, $N_1 = \frac{N^2P}{(N+P)^2}$, die Zahl N_2, die 2ε hat, $N_2 = \frac{N^2P^2}{(N+P)^3}$ usw. Schreiben wir also $x = \frac{P}{N+P}$, so ist

$$N_0(1 + x + x^2 + \cdots) = N$$

und

$$N_0(x + 2x^2 + 3x^3 + \cdots) = P.$$

Nun ist in der Quantentheorie die mittlere Energie eines Atoms $U = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$, die Gesamtenergie ist $\frac{Nh\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} = Ph\nu$, so daß $\frac{P}{N} = \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$ wird. Es folgt also $x = e^{-\frac{h\nu}{kT}} = e^{-\xi}$. Dieser Wert von x stimmt überein mit dem entsprechenden $1 - \eta$ der neueren Planckschen Theorie[2].

In der Tat ist

$$N_0(1 + e^{-\xi} + e^{-2\xi} + \cdots) = N = \frac{N_0}{1 - e^{-\xi}}$$

$$N_0(e^{-\xi} + 2e^{-2\xi} + 3e^{-3\xi} \cdots) = \frac{N_0 e^{-\xi}}{(1 - e^{-\xi})^2} = P,$$

so daß $\frac{P}{N} = \frac{e^{-\xi}}{1 - e^{-\xi}} = \frac{1}{e^{\xi} - 1}$ ist.

Ist also $e^{-\frac{h\nu}{kT}}$ genügend klein, so ist die Zahl der Atome, die mehr als ein Energieelement haben, verschwindend klein, und man kann dann, auch wenn die Zahl der Zusammenstöße proportional der Amplitüde

---

[1] L. Boltzmann, Wiss. Abh. 2, S. 180.

[2] M. Planck, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung, 2. Aufl., Leipzig 1913, S. 160.

ist, so rechnen, daß immer nur einzelne $h\nu$ vorkommen. Ist aber die Temperatur höher, so muß man das Vorkommen mehrerer Quanten bei einem Atom berücksichtigen und dann ist die Zahl der Zusammenstöße nicht mehr proportional P, sondern proportional mit

$$N_0 (e^{-\xi} + \sqrt{2} e^{-2\xi} + \sqrt{3} e^{-3\xi} + \cdots).$$

Diese Theorie würde sich zwar durchführen lassen, aber nicht die einfachen Gesetzmäßigkeiten bei höheren Temperaturen ergeben.

Wir werden deshalb für die Annahme, daß die Zahl der Zusammenstöße proportional der Amplitüde ist, annehmen, daß ρ so klein ist, daß wir nur einzelne $h\nu$ zu berücksichtigen brauchen.

Wir setzen nun die Gleichung einer elastischen Eigenschwingung an

$$\frac{m d^2 x}{dt^2} = -a^2 x \ , \quad x = x_0 \cos 2\pi\nu t \ , \quad 2\pi\nu = \frac{a}{\sqrt{m}}, \ a^2 = 4\pi^2\nu^2 m.$$

Wir können nun die Differentialgleichung mit $\frac{dx}{dt}$ multiplizieren und integrieren und erhalten dann

$$\frac{m}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \frac{a^2 x^2}{2} = \text{Konst.} = \text{E}.$$

Für $x = x_0$ ist $\frac{dx}{dt} = 0$, also $\frac{a^2 x_0^2}{2} = \text{E}$, $x_0^2 = \frac{2\text{E}}{a^2}$.

Nach unserer Annahme soll E gleich $h\nu$ sein.

Es ist also

$$2\text{E} = 2h\nu$$

$$x_0^2 = \frac{2\text{E}}{a^2} = \frac{2h\nu}{4\pi^2\nu^2 m} = \frac{h}{2\pi^2 \nu m}$$

$$x_0 = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{h}{2m}}\frac{1}{\sqrt{\nu}}.$$

Nun definieren wir wie in der Gastheorie die freie Weglänge, die zu der Schwingungszahl zwischen ν und $\nu + d\nu$ gehört, so, daß von N Elektronen, die frei in der Richtung x fliegen, nach Zurücklegung der Strecke x die Zahl

$$N e^{-\frac{x}{L\nu}}$$

keinen Zusammenstoß erfahren hat. Nach unserer Annahme ist die Zahl der Zusammenstöße proportional der Amplitüde x_0, der Zahl der Quanten in der Volumeinheit P, ferner der Zahl der im Schwingungsintervall ν und $\nu + d\nu$ liegenden freien Schwingungen, also

$$x_0 P\nu^2 d\nu \text{ oder proportional } \frac{P\nu^{\frac{3}{2}} d\nu}{N},$$

da nach DEBYE[1] die Anzahl der Eigenschwingungen zwischen ν und $\nu + d\nu$ proportional $\nu^2 d\nu$ ist. Nun ist die freie Weglänge der Anzahl der Zusammenstöße umgekehrt proportional, so daß wir haben

$$\frac{1}{L_\nu} = \text{Konst.} \frac{\nu^{\frac{3}{2}} d\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}.$$

Es sind die Zusammenstöße für die verschiedenen Schwingungen voneinander unabhängig. Die Wahrscheinlichkeit, daß N Elektronen auf der Strecke x nicht zusammenstoßen, ist demnach

$$Ne^{-\frac{x}{L}} = Ne^{-x\left(\frac{1}{L_0} + \frac{1}{L_{d\nu}} + \frac{1}{L_{2d\nu}} + \cdots \frac{1}{L_{\nu_m}}\right)}$$

und

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_0} + \frac{1}{L_{d\nu}} + \frac{1}{L_{2d\nu}} + \cdots \frac{1}{L_{\nu_m}}.$$

Nach der Gleichung (3.), in der nur L von der Temperatur abhängig angenommen wurde, setzen wir den galvanischen Widerstand proportional $\frac{1}{L}$.

Wir haben dann

$$W = C \int_0^{\nu_m} \frac{\nu^{\frac{3}{2}} d\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}, \tag{4.}$$

wenn wir mit DEBYE $\nu_m = \sqrt[3]{\frac{3N}{F}}$ setzen, wo F eine von den elastischen Eigenschaften des Körpers abhängige Funktion ist.

Oder wenn wir $\frac{h\nu}{kT} = \rho$ setzen

$$W = \left(\frac{kT}{h}\right)^{\frac{5}{2}} \cdot C \cdot \int_0^{\rho_m} \frac{\rho^{\frac{3}{2}} d\rho}{e^{\rho} - 1}.$$

Für kleine Werte von ρ, also große von T, ist

$$W_T = \frac{2}{3} \frac{kT}{h} \nu_m^{\frac{3}{2}} C \left\{1 - \frac{3}{10} \frac{h\nu_m}{kT} + \frac{1}{28} \frac{h^2 \nu_m^2}{k^2 T^2} - \cdots \right\}.$$

---

[1] P. DEBYE, Ann. d. Phys. 39, S. 795, 1912.

In der Tat würde für $T = \infty$

$$W_T = \text{Konst. } kT$$

werden. Doch dürfen wir, wie wir gesehen haben, unsere Theorie hier nicht mehr anwenden.

Für große Werte von ρ muß man eine andere Entwicklung benutzen. Wir setzen

$$\int_0^{\rho_m} \frac{\rho^{\frac{3}{2}} d\rho}{e^{\rho} - 1} = \int_0^{\rho_m} \frac{\rho^{\frac{3}{2}} d\rho}{e^{\rho}} (1 + e^{-\rho} + e^{-2\rho} + \cdots).$$

Nun ist

$$\int_0^{\rho_m} \rho^{\mu-1} e^{-a\rho} d\rho = \int_0^{a\rho_m} \frac{y^{\mu-1}}{a^{\mu}} e^{-y} dy = \Gamma_{(\mu)} \sum_{a=1}^{a=\infty} \frac{1}{a^{\mu}} - \sum_{a=1}^{a=\infty} \int_{a\rho_m}^{\infty} \frac{y^{\mu-1}}{a^{\mu}} e^{-y} dy$$

$$= \Gamma_{\left(\frac{5}{2}\right)} \sum \frac{1}{a^{\frac{5}{2}}} - \sum \left\{ \frac{\rho_m^{\frac{3}{2}}}{a} + \frac{3}{2} \frac{\rho_m^{\frac{1}{2}}}{a^2} \right\} e^{-a\rho_m} - \sum \int_{a\rho_m}^{\infty} \frac{e^{-y} dy}{\sqrt{y}}$$

und mit Benutzung der bekannten Entwicklung für $\int_{a\rho_m}^{\infty} \frac{e^{-y} dy}{\sqrt{y}}$

$$\int_0^{\rho_m} \rho^{\frac{3}{2}} e^{-a\rho} d\rho = \Gamma_{\left(\frac{5}{2}\right)} \sum_{a=1}^{a=\infty} \frac{1}{a^{\frac{5}{2}}} - \sum_{a=1}^{a=\infty} \left(\frac{\rho_m^{\frac{3}{2}}}{a} + \frac{3\rho_m^{\frac{1}{2}}}{2a^2} \right) e^{-a\rho_m}$$

$$- \sum_{a=1}^{a=\infty} \frac{3}{4} \frac{e^{-a\rho_m}}{a^3 \sqrt{\rho_m}} \left\{ 1 - \frac{a_1}{(\rho_m a + 1)} + \frac{a_2}{(\rho_m a + 1)(\rho_m a + 2)} \cdots \right\}.$$

Die Koeffizienten der Reihe sind

$$a_1 = \frac{1}{2}, \quad a_2 = \frac{1}{4}, \quad a_3 = \frac{5}{8}, \quad a_4 = \frac{9}{16}, \quad a_5 = \frac{129}{32}, \quad a_6 = \frac{1297}{64}.$$

Ferner ist $\Gamma_{\left(\frac{5}{2}\right)} \sum \frac{1}{a^{\frac{5}{2}}} = \frac{3}{4} \sqrt{\pi}\, 1.332 = 1.772$.

Wir haben also

$$W = C \left(\frac{kT}{h} \right)^{\frac{5}{2}} \left[1.772 - \sum_{a=1}^{a=\infty} \left(\frac{\rho_m^{\frac{3}{2}} e^{-a\rho_m}}{a} + \frac{3}{2} \frac{\rho_m^{\frac{1}{2}} e^{-a\rho_m}}{a^2} \right) \right.$$

$$(5.) \qquad \left. - \sum_{a=1}^{a=\infty} \frac{3}{4} \frac{e^{-a\rho_m}}{a^3 \sqrt{\rho_m}} \left\{ 1 - \frac{a_1}{(\rho_m a + 1)} + \frac{a_2}{(\rho_m a + 1)(\rho_m a + 2)} \cdots \right\} \right].$$

Für sehr kleine Werte von T ist

$$W = C\left(\frac{kT}{h}\right)^{\frac{5}{2}} 1.772\,.$$

Für tiefe Temperaturen berechnet sich hiernach für den Spezialfall $\frac{h\nu_m}{k} = 50$ für

$T =$ 50°	20°	10°	5°
$W =$ 1	0.270	0.0624	0.0121

Werte.

Diese können, wenn überhaupt, nur für niedrige Temperaturen gelten.

Wie wir oben gesehen haben, wird die freie Weglänge von der Verteilung der Quanten nur unabhängig, wenn die Zahl der Zusammenstöße dem Quadrat der Amplitüde proportional ist. Diese Theorie muß für jede Temperatur anwendbar bleiben. Dann gestaltet sich die Rechnung wesentlich einfacher.

Jetzt wird

$$(6.)\qquad \begin{aligned} W &= C\int_0^{\nu_m} \frac{\nu d\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \\ &= C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \int_0^{\rho_m} \frac{\rho d\rho}{e^\rho - 1}\,, \quad \rho = \frac{h\nu}{kT}. \end{aligned}$$

Wir können für kleine ρ_m den Ausdruck $\frac{\rho}{e^\rho - 1}$ nach Potenzen von ρ entwickeln (vgl. Schlömilch, Komp. d. h. Anal. II, S. 212)

$$\frac{\rho}{e^\rho - 1} = 1 - \frac{\rho}{2} + \frac{B_1\rho^2}{2!} - \frac{B_3\rho^4}{4!} + \frac{B_5\rho^6}{6!},$$

wo

$$B_{2n-1} = \frac{n\tau_{2n-1}}{2^{2n-1}(2^{2n} - 1)}$$

ist, während τ_n sich aus der Gleichung

$$\tau_n - \frac{n(n-1)\tau_{n-2}}{2!} + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)\tau_{n-4}}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4\ \cdots} = \sin \tfrac{1}{2} n\pi$$

ergibt. Die Bernoullischen Zahlen B sind

$$B_1 = \frac{1}{6},\ B_3 = \frac{1}{30},\ B_5 = \frac{1}{42},\ B_7 = \frac{1}{30},\ B_9 = \frac{5}{66}.$$

Wir erhalten so

$$(7.)\qquad W_T = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \rho_m \left\{1 - \frac{1}{4}\rho_m + \frac{1}{36}\rho_m^2 - \frac{1}{3600}\rho_m^4 + \frac{1}{211680}\rho_m^6\right\},$$

so daß bis $\rho_m = 1$ die drei ersten Glieder den Wert bis auf $\frac{1}{3}$ Promille richtig ergeben.

Für größere ρ_m bildet man

$$W = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \int_0^{\rho_m} \rho d\rho \{e^{-\rho} + e^{-2\rho} + e^{-3\rho} \cdots\}.$$

Setzt man

$$\int_0^{\rho_m} \rho d\rho e^{-a\rho} = \int_0^{\infty} \rho d\rho e^{-a\rho} - \int_{\rho_m}^{\infty} \rho d\rho e^{-a\rho},$$

so erhält man

$$W_T = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \int_0^{\rho_m} \frac{\rho d\rho}{e^{\rho} - 1}$$

$$(8.)\qquad = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \left\{\sum_{a=1}^{a=\infty}\left(\frac{1}{a^2} - \left(\frac{a\rho_m + 1}{a^2}\right)e^{-a\rho_m}\right)\right\}$$

$$W_T = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \left\{\frac{\pi^2}{6} - \sum_{a=1}^{a=\infty}\left(\frac{\rho_m}{a} + \frac{1}{a^2}\right)e^{-a\rho_m}\right\} \quad , \quad \frac{\pi^2}{6} = 1.6449.$$

Aus Gleichung (7.) folgt

$$W_T = C\frac{kT\nu_m}{h}\left\{1 - \frac{1}{4}\rho_m + \frac{1}{36}\rho_m^2 - \frac{1}{3600}\rho_m^4 \cdots\right\},$$

so daß für $T = \infty$

$$W_T = C\frac{k\nu_m}{h}T$$

wird.

Für sehr hohe Temperaturen wird der Widerstand der absoluten Temperatur proportional. Doch ist die Temperatur, bei der die Abweichung von dieser Proportionalität anfängt merklich zu werden, je nach dem Werte ν_m verschieden.

Für sehr niedrige Temperaturen ist

$$W_T = C\left(\frac{kT}{h}\right)^2 \frac{\pi^2}{6},$$

so daß

$$\frac{dW_T}{dT} = C\left(\frac{k}{h}\right)^2 \frac{\pi^2}{3} T$$

für $T = 0$ verschwindet.

Solange $\frac{\nu_m h}{kT}$ klein ist, haben wir einen merklich linearen Verlauf des Widerstandes als Funktion der Temperatur. Es ist

$$\frac{W_T}{W_{273}} = \frac{T}{273}\left\{\frac{1-\frac{1}{4}\frac{h\nu_m}{kT}+\frac{1}{36}\left(\frac{h\nu_m}{kT}\right)^2-\frac{1}{3600}\left(\frac{h\nu_m}{kT}\right)^4\cdots}{1-\frac{1}{4}\frac{h\nu_m}{273k}+\frac{1}{36}\left(\frac{h\nu_m}{273k}\right)^2\cdots}\right\}.$$

Beschränken wir uns auf das lineare Glied, so ist

$$(9.)\quad \begin{aligned}\frac{W_T}{W_{273}} &= T\left(\frac{1}{273}+\frac{1}{4}\frac{h\nu_m}{k(273)^2}-\frac{1}{4}\frac{h\nu_m}{273kT}\right)\\ &= T\left(0.00366+\frac{h\nu_m}{298000k}\right)-\frac{1}{4}\frac{h\nu_m}{273k} = \beta T - C.\end{aligned}$$

Man sieht, daß der Temperaturkoeffizient tatsächlich größer als 0.00366 ist. Allerdings ergibt er sich hieraus für viele Metalle noch größer als 0.004, wie er bei einzelnen Metallen auch schon gefunden ist.

Debye hat ν_m und damit $\frac{h\nu_m}{k}$ aus den elastischen Konstanten der Materialien berechnet. Ist s die Dichte, $\varkappa$ die Kompressibilität und σ der Poissonsche Koeffizient des Verhältnisses von Querkontraktion zur Längsdehnung, so findet er

$$F = \frac{4\pi}{3} s^{\frac{3}{2}} \varkappa^{\frac{3}{2}} \left[2\left(\frac{2(1+\sigma)}{3(1-2\sigma)}\right)^{\frac{3}{2}}+\left(\frac{1+\sigma}{3(1-\sigma)}\right)^{\frac{3}{2}}\right]$$

$$\nu_m = \sqrt[3]{3\frac{N}{F}},$$

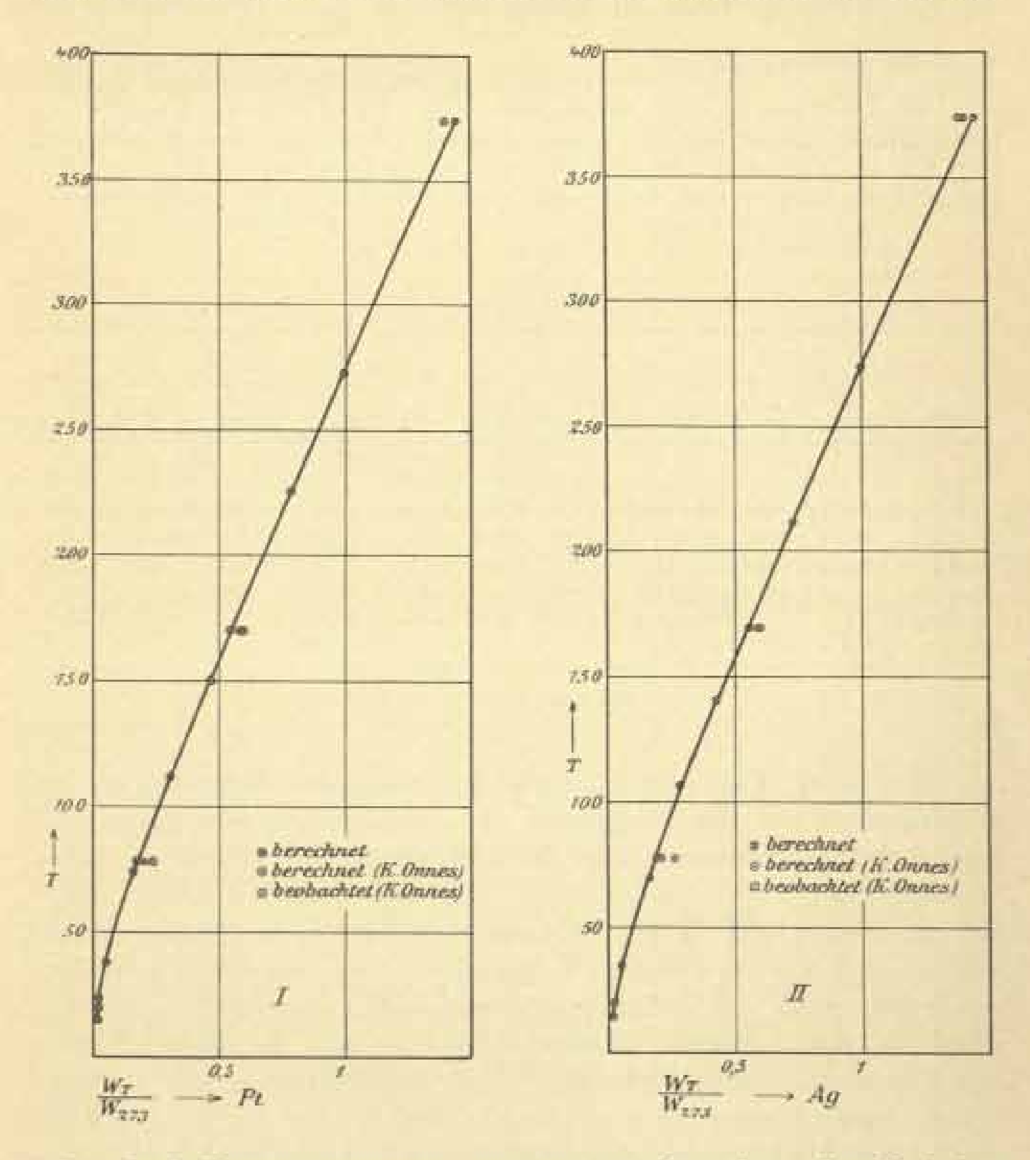
N = Anzahl der Atome in der Volumeinheit.

Debye gibt hiernach folgende Werte für $\frac{h\nu_m}{k}$:

Tabelle I.

Metall	$\frac{h\nu_m}{k}$	β	α
Al	399	0.00500	0.00400
Cu	329	0.00476	0.0040
Ag	212	0.00437	0.0040
Au	166	0.00422	0.0040
Ni	435	0.00512	0.0060
Fe	467	0.00523	0.0060
Cd	168	0.00422	0.0040
Pb	72	0.00388	0.0040
Bi	111	0.00403	0.0042
Pd	204	0.00433	0.0038
Pt	226	0.00442	0.0040

β ist der Wert der Temperaturkoeffizienten, wie er sich aus (9.) berechnet, α der durchschnittliche Beobachtungswert. Man sieht, daß β fast durchweg größer ist als α. Wenn man bedenkt, daß das Leitvermögen der Metalle meist durch Unregelmäßigkeiten der Struktur



oder durch Verunreinigungen verringert wird, so kann dies Verhalten nicht besonders auffallen.

Bemerkenswert ist, daß die Theorie in der Tat den an Eisen und Nickel beobachteten hohen Wert des Temperaturkoeffizienten ergibt. Die Metalle mit größerer Elastizität haben nach dieser Theorie den größeren Temperaturkoeffizienten. In den Kurven I—IV sind die aus der vorliegenden Theorie berechneten Werte graphisch dargestellt,

außerdem die von Kamerlingh Onnes angegebenen, aus seiner Formel berechneten und die von ihm beobachteten Werte eingetragen. Die ganz niedrigen Temperaturen sind in den Kurven V und VI dargestellt, wo für die Temperatur ein zehnfacher, für $\frac{W_T}{W_{273}}$ ein hundertfacher Maßstab gewählt ist.

In Tabelle II sind unter Ber. die nach Formeln (7.) und (8.) berechneten, unter Ber. (K. O.) und Beob. (K. O.) die von Kamerlingh Onnes berechneten und beobachteten Werte von $\frac{W_T}{W_{273}}$ angegeben.

Tabelle II.

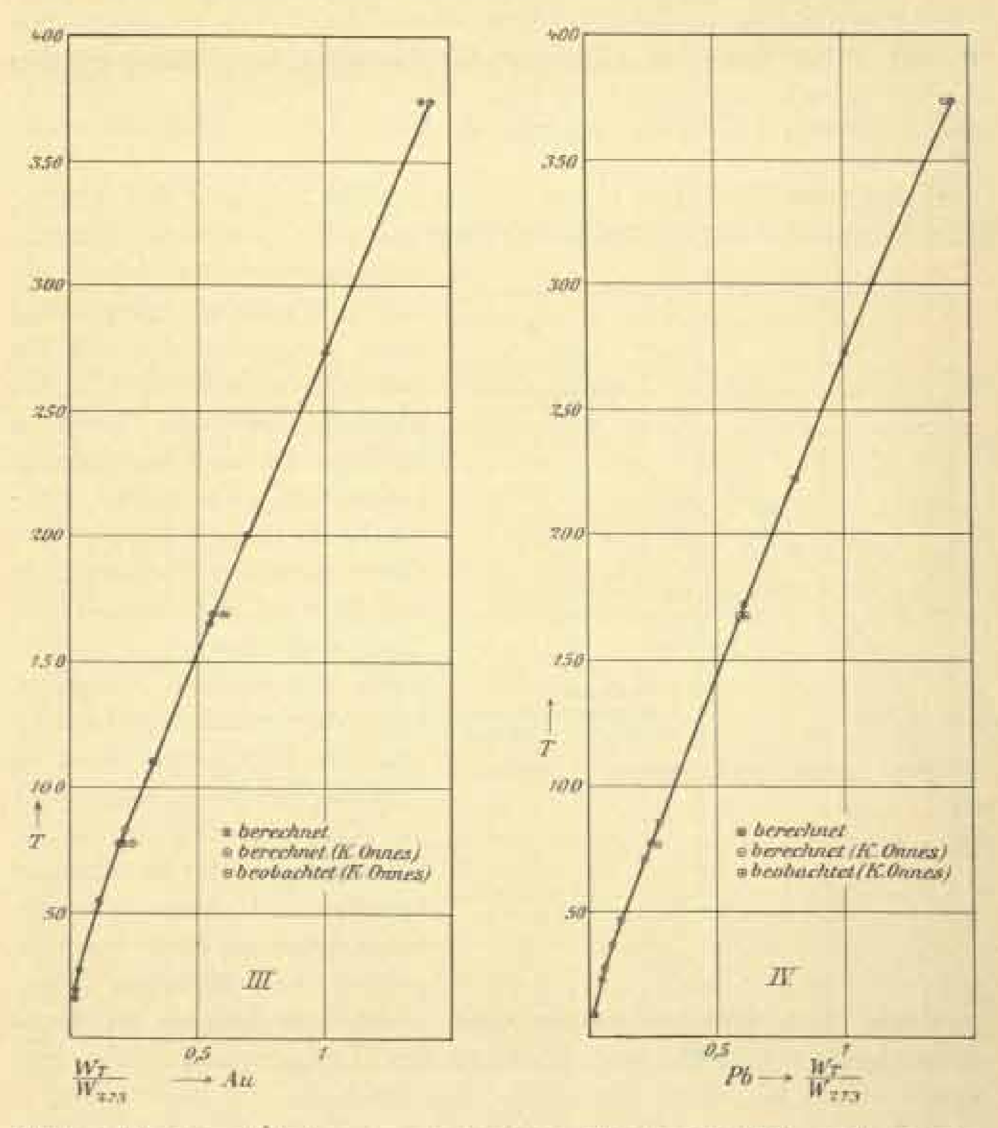
T	Pt			Ag			Au			Pb		
	Ber.	Ber. (K. O.)	Beob. (K. O.)	Ber.	Ber. (K. O.)	Beob. (K. O.)	Ber.	Ber. (K. O.)	Beob. (K. O.)	Ber.	Ber. (K. O.)	Beob. (K. O.)
373	1.443	1.405		1.440	1.401	1.411	1.425	1.397		1.390	1.384	
169.3	0.547	0.597	0.581	0.552	0.583	0.581	0.565	0.586	0.593	0.595	1.601	0.594
77.9	0.172	0.213	0.199	0.178	0.220	0.197	0.191	0.225	0.219	0.242	0.250	0.253
20.2	0.013	0.012	0.014	0.0140	0.015	0.009	0.0173	0.018	0.008	0.0365	0.035	0.030
13.9	0.00635	0.003	0.010	0.00670	0.004	0.007	0.00819	0.005	0.003	0.0173	0.015	0.012
4.3	0.000608			0.000638			0.000784			0.00165		

Werte von $\frac{W_T}{W_{273}}$.

Man sieht, daß unsere Formel den Gang der Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur im ganzen richtig wiedergibt. Bei ganz tiefen Temperaturen sind die Abweichungen beträchtlich. Aber hier liegen auch die Beobachtungen, z. B. bei Platin und Silber, außerhalb einer möglichen Kurve. Kamerlingh Onnes zieht denn auch den Schluß, daß bei sehr tiefen Temperaturen die beobachteten Widerstände nur noch von Verunreinigungen herrühren und daß der Widerstand des reinen Metalls verschwindend klein sei. Bei Quecksilber ist von Kamerlingh Onnes beobachtet[1], daß der Widerstand bei 4.3° auf 0.0021 seines Wertes bei 273° abs. T., bei 3° aber auf $< 1 \cdot 10^{-6}$ gesunken war. Bei weiterer Erniedrigung der Temperatur blieb dann der Widerstand konstant. Dies Verhalten findet seine Erklärung, wenn wir annehmen, daß bei diesen tiefen Temperaturen die freie Weglänge nicht mehr klein ist gegen die Längsdimensionen des benutzten Drahtes. Denn wenn die Zahl der Zusammenstöße der Elektronen dadurch immer kleiner wird, daß immer weniger Atome in Schwin-

[1] Kamerlingh Onnes, Comm. from the phys. lab. of Leiden Nr. 122b; 1911.

gungen geraten, so werden wir schließlich zu einer Temperatur kommen, wo die gebildeten Mittelwerte nicht mehr den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Der Widerstand muß schließlich einen konstanten verschwindend kleinen Wert annehmen, wenn in dem



Draht überhaupt keine nennenswerten Zusammenstöße mit schwingenden Atomen mehr stattfinden.

Nach der neueren Planckschen Theorie[1] ist die mittlere Energie eines Oszillators

$$U = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} + \frac{h\nu}{2}.$$

[1] M. Planck, Berl. Ber. 13. Juli 1911; Wärmestrahlung 2. Aufl. §§ 150—152.

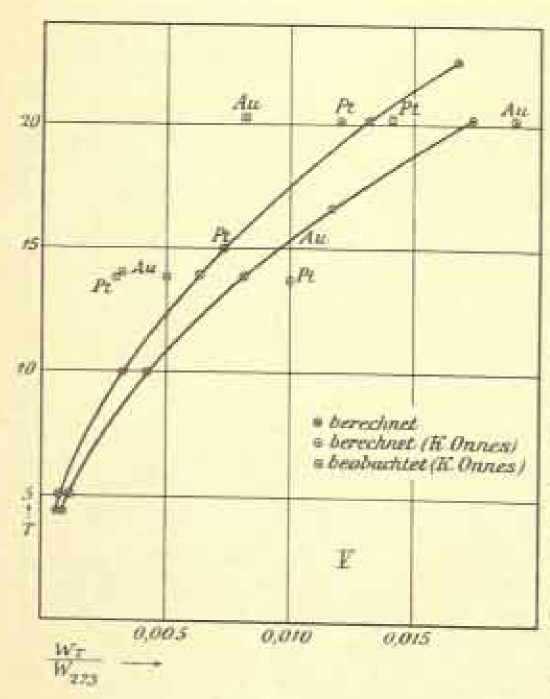
Hiernach ist bei niedrigen Temperaturen

$$U = \frac{h\nu}{2}.$$

Für die hier in Betracht kommenden elastischen Schwingungen ist für Silber schon bei $T = 53°$ für die schnellsten Schwingungen

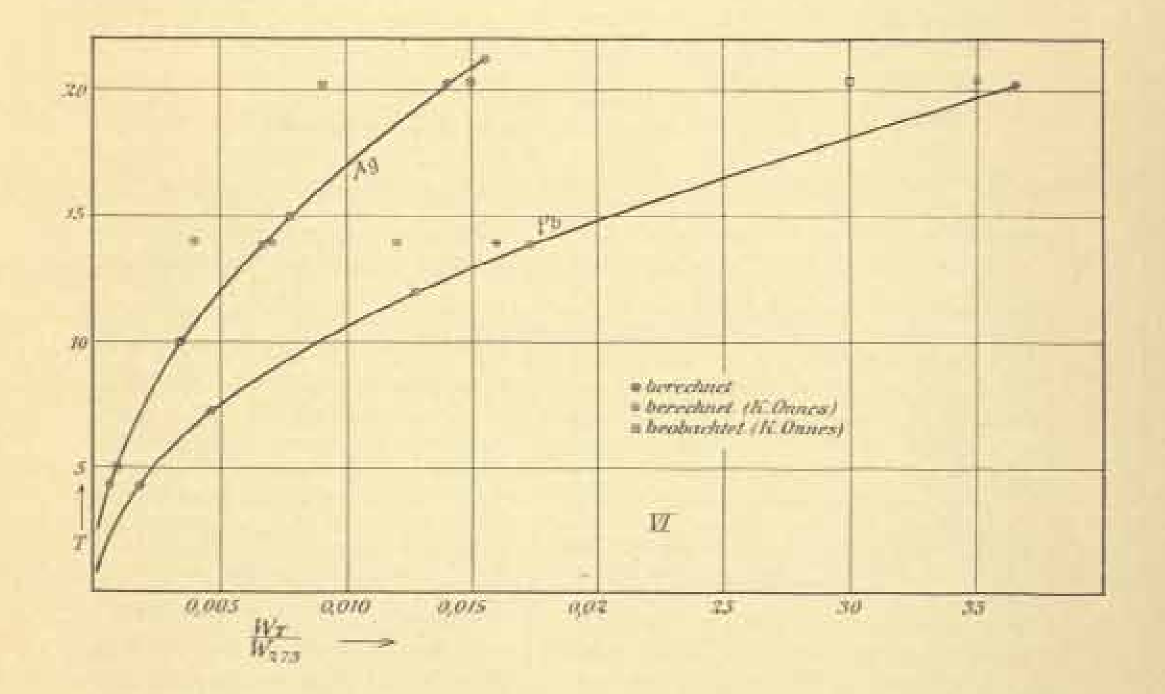
$$e^{\frac{h\nu_m}{kT}} = 54.6,$$

also das erste Glied von U nur noch ungefähr 4 Prozent des zweiten. Man hätte also schon bei verhältnismäßig hohen Temperaturen elastische Schwingungen im Metall, die mit der Wärmebewegung nichts mehr zu tun haben und bis zum absoluten Nullpunkt mit gleicher Intensität bestehen bleiben. Es ist klar, daß die vorgetragene Theorie der elektrischen Leitung in Metallen mit dieser Annahme unverträglich ist. Es wird aber eine solche Theorie überhaupt mit der Tatsache der starken Abhängigkeit der metallischen Leitung von der Temperatur nicht in Einklang zu bringen sein, wenn die Wärme aus den elastischen Schwingungen der Metallatome bestehen soll; denn wenn die mittlere Energie dieser Schwingungen bei niedrigen Temperaturen von der Temperatur nahe unabhängig ist, so ist nicht einzusehen, wie noch eine Wirkung der Temperaturänderung eintreten soll.



Trotzdem scheint aber die neue Plancksche Theorie mit unserer Theorie verträglich, wenn man annimmt, daß die Zusatzenergie, die zum Werte der Energie U für $T = 0$ hinzukommt, nicht in den elastischen Schwingungen des Atoms besteht. Um überhaupt zur Theorie der elektrischen Leitung zu gelangen, mußten wir ja auch eine von der Temperatur unabhängige Energie annehmen, nämlich die Energie $\frac{m}{2}u^2$ der Elektronen. Diese Energie haben wir von der

Temperatur unabhängig angenommen. Sie existiert daher auch für $T = 0$. Es steht nichts im Wege, diese Energie als abhängig von ν anzunehmen. Wenn wir die Energie $\frac{m}{2} u^2 = h\nu$ setzen könnten, so hätten wir denselben Vorgang, als wenn bei dem lichtelektrischen Vorgang durch die Schwingungszahl ν ein lichtelektrisches Elektron nach dem EINSTEINschen Gesetz losgelöst wäre. Auch beim lichtelektrischen Vorgang müssen wir annehmen, daß die Energie aus dem



Vorrat des Atoms entnommen wird. Unsere Annahme setzt voraus, daß in den Metallen keine Absorption des Lichts dadurch entsteht, daß die elastischen Eigenschwingungen direkt durch die Strahlung erregt werden. In der Tat hat man bei den Metallen bisher immer angenommen, daß die Strahlung immer nur direkt auf die Elektronen wirkt[1]. Würden nämlich die elastischen Schwingungen direkt durch die Strahlung erregt und hierbei Energie absorbiert, so würde man nach der PLANCKschen Theorie bei jeder solchen Schwingung den Betrag von $\frac{h\nu}{2}$ als durchschnittlichen Minimalbetrag der Energie behalten, was aus den oben angeführten Gründen ausgeschlossen werden

[1] DRUDE, Ann. d. Phys. 14. S. 936, 1904.

muß. Wenn aber die Strahlung nur auf die Elektronen wirkt, so kann $\frac{h\nu}{2}$ als konstante mittlere Elektronenenergie aufgefaßt werden.

Wie sich die Isolatoren, bei denen bekanntlich die Dispersionstheorie Molekülschwingungen als Eigenschwingungen annimmt, in diesem Fall verhalten, und wie hier das $\frac{h\nu}{2}$ zu deuten ist, bleibt eine offene Frage.

Ausgegeben am 13. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.
VIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

13. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Rubens las über neue Reststrahlengruppen im ultrarothen Spectrum und über die Absorption des Wasserdampfs im Gebiete der grossen Wellenlängen. (Ersch. später.)

Es konnte gezeigt werden, dass die Zweitheilung der Reststrahlen von Steinsalz durch einen Absorptionsstreifen des Wasserdampfs hervorgerufen wird und dass das Auftreten der Doppelstreifen auch bei den Reststrahlen von Sylvin und Bromkalium der gleichen Ursache zugeschrieben werden muss. In Gemeinschaft mit Hrn. H. v. Wartenberg hat der Vortragende die Reststrahlen von Chlorsilber, Bleichlorid, Calomel und Bromsilber untersucht und deren mittlere Wellenlänge zu 82, 92, 98 und 112 μ gemessen. Auch diese neuen Reststrahlengruppen zeigen zum Theil deutlich ausgeprägte Energieminima, wie aus den beobachteten Interferenzcurven hervorgeht.

2. Hr. Frobenius legte eine Arbeit vor: Über die Reduction der indefiniten binären quadratischen Formen.

Die Methode für die Reduction der indefiniten binären quadratischen Formen wird auf den Fall ausgedehnt, wo die Coefficienten der Formen keine ganzen Zahlen sind.

3. Hr. Frobenius überreichte eine Arbeit des Hrn. Prof. Dr. I. Schur in Berlin: Zur Theorie der indefiniten binären quadratischen Formen.

Hr. Markoff hat für die untere Grenze der absoluten Beträge der ersten Coefficienten in einer Classe indefiniter Formen einen weitgehenden Satz bewiesen. Ein analoger Satz wird hier für die mittleren Coefficienten abgeleitet. Ein weiteres Resultat bezieht sich auf eine specielle Gruppe indefiniter Formen, die als Minimalformen bezeichnet werden.

4. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: H. Zimmermann, Rechentafel, 7. Aufl., Ausg. B (Berlin 1913) und Bd. 5 (1910—12) der Abhandlungen aus dem Institut von E. Beckmann, Laboratorium für angewandte Chemie der Universität Leipzig (Leipzig 1912).

Über die Reduktion der indefiniten binären quadratischen Formen.

Von G. Frobenius.

Als Einleitung zu Untersuchungen über die indefiniten binären quadratischen Formen, die Hr. I. Schur hier veröffentlichen wird, möchte ich die Darstellung mitteilen, die ich von jeher für ihre *Reduktion* gegeben habe. Diese Theorie ist bei Gauss und selbst bei Dirichlet noch recht kompliziert. Erst Hr. Mertens hat (*Crelles Journal Bd. 89, S. 332*) die einfachste Herleitung gefunden, und seiner Methode schließe ich mich im wesentlichen an. Die Variante seiner Deduktion, die Hr. H. Weber in seinem *Lehrbuch der Algebra, Bd. I,* § 132 gegeben hat, ist nur anwendbar in dem Falle, wo die Koeffizienten der Form ganze Zahlen sind, weil sie auf der Periodizität der Kettenbruchentwicklung beruht. Die Darstellung des Hrn. Markoff, *Math. Ann. Bd. 15, S. 381,* sowie die spätere von Minkowski, *Math. Ann. Bd. 54, S. 91,* gehen von dem Satze von Lagrange aus, der bei mir (§ 5) als Endresultat der Entwicklung erscheint.

§ 1.

In der binären quadratischen Form

$$\varphi(x,y) = ax^2 + bxy + cy^2 = (a, b, c)$$

der positiven Diskriminante

$$b^2 - 4ac = D = R^2$$

seien die Koeffizienten beliebige reelle Größen, während die Variabeln nur ganzzahlige Werte annehmen sollen. Der Fall $D = 0$ wird ausgeschlossen, ebenso der Fall, wo die Gleichung $a + bz + cz^2 = 0$ rationale Wurzeln hat. Von diesen Wurzeln

$$r = -\frac{R+b}{2c} = \frac{2a}{R-b}, \qquad s = \frac{R-b}{2c} = -\frac{2a}{R+b}$$

nennt man r die *erste*, s die *zweite* ($R > 0$). Die Form φ nimmt also den Wert 0 nicht an, a und c sind stets von 0 verschieden, r und

s weder 0 noch ∞; nie ist $b = \pm R$, oder wenn β eine ganze Zahl ist, $\pm R = b' = b + 2a\beta$ (oder $b + 2c\beta$), weil b' der zweite Koeffizient einer äquivalenten (parallelen) Form ist.

Zwei Formen $\varphi(x, y)$ und $\varphi'(x', y')$ heißen (eigentlich) äquivalent, wenn φ in φ' durch eine Substitution

$$(1.) \qquad P = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}, \qquad \begin{array}{l} x = \alpha x' + \beta y' \\ y = \gamma x' + \delta y' \end{array}$$

übergeht, deren Koeffizienten *ganze* Zahlen sind, und deren Determinante $\alpha\delta - \beta\gamma = +1$ ist. Ist r' die erste Wurzel von φ', so ist dann

$$(2.) \qquad r = \frac{\gamma + \delta r'}{\alpha + \beta r'}.$$

Mit (δ) bezeichne ich die spezielle Substitution

$$(3.) \qquad (\delta) = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ +1 & \delta \end{pmatrix}, \qquad r = -\delta - \frac{1}{r'}.$$

Durch diese geht $\varphi = (a, b, a_1)$ in die (nach rechts) *benachbarte* Form $\varphi_1 = (a_1, b_1, a_2)$ über, wo

$$(4.) \quad b_1 + b = 2a_1\delta, \qquad a_2 = a - b\delta + a_1\delta^2 = a + \frac{1}{2}\delta(b - b_1)$$

ist. Daß in der ersten Gleichung δ eine ganze Zahl ist, drücke ich auch durch die Kongruenz $b_1 \equiv -b \pmod{2a_1}$ aus.

Eine Form (a, b, c) heißt *reduziert*, wenn

$$(5.) \qquad b < R, \qquad b > R - 2|a|, \qquad b > R - 2|c|$$

ist. Dann ist

$$|R + b|(R - b) = 4|ac| > (R - b)^2, \qquad |R + b| > R - b, \qquad b > 0,$$

und

$$b^2 < R^2 = b^2 - 4ac, \qquad ac < 0$$

demnach

$$(b + 2|a|)^2 > R^2 = b^2 + 4|ac|, \qquad b > |c| - |a|,$$

ebenso $b > |a| - |c|$, also $b > |a + c|$, endlich

$$R^2 = b^2 - 4ac > (a + c)^2 - 4ac = (a - c)^2.$$

In jeder reduzierten Form ist also

$$(6.) \qquad b > 0, \qquad ac < 0, \qquad b > |a + c|, \qquad R > |a - c|.$$

Die wichtigsten Folgerungen ergeben sich aber aus einer anderen Form der Reduktionsbedingungen:

I. *Ist φ eine reduzierte Form, so ist $b > |R - 2e|$, sowohl wenn $e = |a|$ als auch wenn $e = |c|$ ist. Wenn umgekehrt auch nur für einen der beiden äußeren Koeffizienten*

$$R > b > |R - 2e| \tag{7.}$$

ist, so ist φ eine reduzierte Form.

Denn weil in einer reduzierten Form

$$4|ac| = R^2 - b^2 = (R + b)(R - b) \tag{8.}$$

ist, so folgen aus den beiden ersten der 4 Ungleichheiten

$$\begin{aligned} 2|a| &> R - b\,, & 2|c| &> R - b\,, \\ 2|a| &< R + b\,, & 2|c| &< R + b\,, \end{aligned} \tag{9.}$$

die beiden andern. Mithin ist

$$b > R - 2e, \qquad b > 2e - R, \qquad b > |R - 2e|.$$

Umgekehrt folgt aus (7.) etwa für $e = |a|$ die erste und die dritte Ungleichheit (9.), und daraus nach (8.) die beiden andern.

Die Bedeutung dieses Satzes will ich noch schärfer ins Licht setzen: Wenn man weiß, welche der beiden Größen $|a|$ und $|c|$ die kleinere ist, etwa $|a|$, so ist von den 3 Bedingungen (5.) die dritte eine Folge der zweiten. Aus $R^2 = b^2 + 4|ac|$ folgt dann $R - 2|a| > 0$. Aber nach dem Satze I. ist auch die Bedingung $b > R - 2|c|$ allein hinreichend, vorausgesetzt, daß auch $2|c| < R$ ist, was, wie ich zeigen werde, in der Regel der Fall ist. Sollte aber $2|c| > R$ sein, so können die beiden letzten Bedingungen (5.) durch $b > 2|c| - R$ ersetzt werden. Ist für einen der beiden äußeren Koeffizienten

$$R > b > R - 2e \geqq 0\,, \tag{10.}$$

so ist φ sicher eine reduzierte Form.

Von den beiden Wurzeln der Form φ hat die erste r mit a, die zweite s mit c das gleiche Vorzeichen. Aus (9.) ergeben sich

$$|r| > 1\,, \qquad |s| < 1\,, \qquad rs < 0 \tag{11.}$$

als notwendige und hinreichende Reduktionsbedingungen. Ist also $a > 0$, so ist $r > 1 > 0 > s > -1$, ist aber $a < 0$, so ist $r < -1 < 0 < s < 1$. Von den drei Zahlen $1, 0, -1$ liegen stets zwei, aber auch nur zwei zwischen r und s. Daher wird $a + bz + cz^2$ für $z = +1$ positiv, für $z = -1$ negativ. So ergibt sich die *rationale* Form der Reduktionsbedingungen

$$\varphi(1, 1) > 0\,, \qquad \varphi(1, -1) < 0\,, \qquad \varphi(1, 0)\,\varphi(0, 1) < 0 \tag{12.}$$

oder

$$b > |a + c|\,, \qquad ac < 0\,. \tag{13.}$$

§ 2.

Jede reduzierte Form $\varphi_0 = (a_0, b_0, -a_1)$ mit den Wurzeln r und s hat eine und nur eine nach rechts benachbarte Form $\varphi_1 = (-a_1, b_1, a_2)$, die gleichfalls reduziert ist. Sind r' und s' ihre Wurzeln, so zeigen dies die Formeln

$$(1.)\qquad \begin{aligned} r &= -\delta - \frac{1}{r'}, & |r| &= |\delta| + \frac{1}{|r'|}, \\ \frac{1}{s'} &= -\delta - s, & \frac{1}{|s'|} &= |\delta| + |s|. \end{aligned}$$

δ hat dasselbe Vorzeichen, wie $-a_1$, und $|\delta|$ ist die größte ganze Zahl $E(|r|) = E\left(\frac{1}{|s'|}\right)$ unter $|r|$ oder unter $\frac{1}{|s'|}$. Ebenso hat φ_0 eine und nur eine nach links benachbarte reduzierte Form $\varphi_{-1} = (-a_{-1}, b_{-1}, a_0)$. Durch Fortsetzung dieses Verfahrens erhält man aus φ_0 eine Kette reduzierter Formen

$$\cdots \varphi_{-2}, \varphi_{-1}, \varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \cdots,$$

worin die Form

$$(2.)\qquad \varphi_\lambda = \left((-1)^\lambda a_\lambda, b_\lambda, (-1)^{\lambda+1} a_{\lambda+1}\right)$$

der Form $\varphi_{\lambda-1}$ benachbart ist, und $\varphi_{\lambda-1}$ durch die Substitution $\left((-1)^\lambda k_\lambda\right)$ in φ_λ übergeht. Durch jedes ihrer Glieder ist die ganze Kette bestimmt; die Kette von φ_0 ist zugleich die von φ_λ. Daher kann man a_0 als positiv voraussetzen. Dann sind alle Größen $a_\lambda, b_\lambda, k_\lambda$ positiv. Die unendlich vielen Glieder der Kette sind alle voneinander verschieden, außer wenn a_0, b_0, a_1 in rationalen Verhältnissen stehen. Dann wiederholt sich eine endliche (gerade) Anzahl von Formen unendlich oft periodisch.

Nach (4.) § 1 ist

$$(3.)\qquad b_\lambda + b_{\lambda-1} = 2a_\lambda k_\lambda, \qquad a_{\lambda+1} = a_{\lambda-1} + \frac{1}{2} k_\lambda (b_{\lambda-1} - b_\lambda),$$

und wenn $(-1)^\lambda r_\lambda$ und $-(-1)^\lambda s_\lambda$ die Wurzeln von φ_λ sind,

$$(4.)\qquad r_\lambda = \frac{R + b_\lambda}{2a_{\lambda+1}} = \frac{2a_\lambda}{R - b_\lambda}, \qquad s_\lambda = \frac{R - b_\lambda}{2a_{\lambda+1}} = \frac{2a_\lambda}{R + b_\lambda}$$

und nach (1.)

$$(5.)\qquad r_{\lambda-1} = k_\lambda + \frac{1}{r_\lambda}, \qquad \frac{1}{s_\lambda} = k_\lambda + s_{\lambda-1}, \qquad k_\lambda = E(r_{\lambda-1}) = E\left(\frac{1}{s_\lambda}\right)$$

und mithin, wenn $\mu > \lambda$ ist, also φ_μ rechts von φ_λ steht,

$$(6.)\qquad r_\lambda = (k_{\lambda+1}, k_{\lambda+2}, \cdots k_\mu, r_\mu), \qquad \frac{1}{s_\mu} = \left(k_\mu, k_{\mu-1}, \cdots k_{\lambda+1}, \frac{1}{s_\lambda}\right).$$

Setzt man $(-1)^\lambda r_\lambda = r$ und $(-1)^\varkappa r_\varkappa = r'$, so geht also φ_λ durch die Substitution

$$(7.)\qquad (-1)^\lambda r = (k_{\lambda+1}, k_{\lambda+2}, \cdots k_\varkappa, (-1)^\varkappa r')$$

in $\varphi_\varkappa$, und umgekehrt $\varphi_\varkappa$ durch die Substitution

$$(8.)\qquad (-1)^{\varkappa+1}\frac{1}{r'} = \left(k_\varkappa, k_{\varkappa-1}, \cdots k_{\lambda+1}, (-1)^{\lambda+1}\frac{1}{r}\right)$$

in φ_λ über. Ferner ist

$$(9.)\qquad \frac{R+b_{\lambda-1}}{2a_\lambda} = r_{\lambda-1} = (k_\lambda, k_{\lambda+1}, k_{\lambda+2}, \cdots),$$

$$\frac{R-b_{\lambda-1}}{2a_\lambda} = s_{\lambda-1} = (0, k_{\lambda-1}, k_{\lambda-2}, \cdots),$$

$$(10.)\qquad \frac{R}{a_\lambda} = (k_\lambda, k_{\lambda+1}, k_{\lambda+2}, \cdots) + (0, k_{\lambda-1}, k_{\lambda-2}, \cdots).$$

$$(11.)\qquad \frac{b_\lambda}{a_\lambda} = (k_\lambda, k_{\lambda-1}, k_{\lambda-2}, \cdots) - (0, k_{\lambda+1}, k_{\lambda+2}, \cdots).$$

Betrachtet man φ und ψ im weiteren Sinne als äquivalent, wenn φ durch eine Substitution (1.) § 1 in $\varkappa\psi$ übergeführt werden kann, so ist also jede Formenklasse durch eine unendliche Reihe positiver (>0) ganzer Zahlen k_λ bestimmt.

Da $b_\lambda < R$, $b_\lambda > R-2a_\lambda$, $b_{\lambda-1} > R-2a_\lambda$ ist, so folgt aus (3.)

$$(12.)\qquad a_\lambda k_\lambda < R, \qquad a_\lambda(k_\lambda+2) > R,$$

demnach ist stets $a_\lambda < R$, und in der Regel $2a_\lambda < R$, nämlich nur dann nicht notwendig, wenn $k_\lambda = 1$ ist. Ist K das Maximum der Zahlen k_λ, und A die untere Grenze der Zahlen a_λ, so ist

$$(13.)\quad Ak_\lambda < R, \quad a_\lambda(K+2) > R, \quad AK < R < A(K+2).$$

Ist also $A = 0$, so ist $K = \infty$; ist aber $A > 0$, so ist K endlich.

Für den Fall, wo die Koeffizienten a, b, c von φ ganze Zahlen sind, füge ich noch eine Bemerkung hinzu, die für die Bestimmung der Kette (Periode) der Form φ von praktischer Bedeutung ist, die ich aber trotz ihres elementaren Charakters weder bei Euler noch in einer andern der mir bekannten Darstellungen gefunden habe. Ist h die größte ganze Zahl, die $< R$ und $\equiv D$ (mod 2) ist, so setze ich $b = h-2l$, wo l eine ganze Zahl ist. Dann lauten die Reduktionsbedingungen (5.) § 1

$$(14.)\qquad l \geqq 0, \qquad l < |a|, \qquad l < |c|,$$

und die Formeln (3.), wenn $b_\lambda = h-2l_\lambda$ ist,

$$(15.)\quad h-l_{\lambda-1} = a_\lambda k_\lambda + l_\lambda, \qquad a_{\lambda+1} = a_{\lambda-1} + k_\lambda(l_\lambda - l_{\lambda-1}).$$

Wenn nun aus der Form $\varphi_{\lambda-1}$ die Werte von $a_{\lambda-1}$, a_λ und $l_{\lambda-1}$ bekannt sind, so liefert die erste Formel mit einem Schlage die beiden positiven Zahlen k_λ und l_λ. Denn weil $l_\lambda < a_\lambda$ ist, so ist k_λ der Quotient und l_λ der Rest bei der Division von $h - l_{\lambda-1}$ durch a_λ. Dann liefert die zweite Formel $a_{\lambda+1}$.

§ 3.

Ich will nun zeigen, daß zwei reduzierte Formen φ und φ', die äquivalent sind, derselben Kette angehören. Sei (1.) § 1 die Substitution, die φ in φ' transformiert, oder wenn es mehrere Substitutionen gibt, irgendeine derselben.

Wenn auf φ und φ' in ihren Ketten φ_1 und φ_1' folgen, so sind je zwei dieser vier Formen äquivalent. Daher kann man von vornherein annehmen, daß in φ und φ' die ersten Koeffizienten positiv sind. Dann sind ihre ersten Wurzeln r und r' positiv, ihre zweiten Wurzeln, die ich mit $-s$ und $-s'$ bezeichnen will, negativ. Die Gleichung (1.) § 1 gilt dann auch, wenn man r und r' durch $-s$ und $-s'$ ersetzt. Die Koeffizienten von P haben in diesem Falle gewisse Eigenschaften:

Stets ist $\beta\gamma \geqq 0$ und nur dann $\beta\gamma = 0$, wenn $\beta = \gamma = 0$ ist.

Da man P durch $-P$ ersetzen kann, so sei $\alpha > 0$, und sei $\gamma > 0$, falls $\alpha = 0$ ist. Dies kann aber nicht eintreten. Sonst wäre $\beta\gamma = -1$, $\beta = -1$, $\gamma = 1$, $r = -\delta - \frac{1}{r'}$, also $\delta = -r - \frac{1}{r'} < -1$, zugleich aber auch $\delta = +s + \frac{1}{s'} > 1$. Daher ist $\alpha \geqq 1$.

Die Gleichung (2.) § 1 kann man auf die Form

$$(1.)\qquad (\alpha r - \gamma)\left(\frac{\alpha}{r'} + \beta\right) = 1, \qquad (\alpha s + \gamma)\left(\frac{\alpha}{s'} - \beta\right) = 1$$

bringen.

Ist $\beta = 0$, so ist $\alpha = \delta = 1$, $\gamma = s' - s$, $|\gamma| < 1$, also $\gamma = 0$. Ist umgekehrt $\gamma = 0$, so ist $\beta = \frac{1}{r} - \frac{1}{r'}$, $|\beta| < 1$, also $\beta = 0$. Dann ist P die identische Substitution, also $\varphi = \psi$.

Ist $\beta > 0$, so ist $\gamma \geqq \alpha$:

$$\frac{\alpha}{r'} + \beta > 1, \qquad \alpha r - \gamma < 1, \qquad \gamma + 1 > \alpha r > \alpha.$$

Ist $\gamma > 0$, so ist $\beta \geqq \alpha$:

$$\alpha s + \gamma > 1, \qquad \frac{\alpha}{s'} - \beta < 1, \qquad \beta + 1 > \frac{\alpha}{s'} > \alpha.$$

Daher ist in allen Fällen $\beta\gamma > 0$, $\alpha\delta > 1$, also auch δ positiv. Sollten β und γ beide negativ sein, so sind in der inversen Substitution

$$P^{-1} = \begin{pmatrix} \delta & -\beta \\ -\gamma & \alpha \end{pmatrix}$$

alle Koeffizienten positiv. Indem man nötigenfalls φ und φ' vertauscht, kann man erreichen, daß P selbst lauter positive Koeffizienten hat. Dann ist, wie oben gezeigt,

$$\gamma \geqq \alpha, \quad \gamma\delta \geqq \alpha\delta > \beta\gamma, \quad \delta > \beta,$$
$$\beta \geqq \alpha, \quad \beta\delta \geqq \alpha\delta > \beta\gamma, \quad \delta > \gamma,$$

also

$$(2.) \qquad \beta \geqq \alpha, \quad \gamma \geqq \alpha, \quad \delta > \beta, \quad \delta > \gamma.$$

Sind β und $\delta > \beta$ zwei positive teilerfremde Zahlen, so kann man stets und nur in einer Weise zwei positive Zahlen $\xi = \alpha$ und $\eta = \gamma$ so bestimmen, daß $\delta\xi - \beta\eta = 1$ und außerdem $\xi \leqq \beta$, also $\eta < \delta$ wird. Nach Bachet entwickle man

$$\frac{\delta}{\beta} = (k_1, k_2, \cdots k_\mu)$$

in einen Kettenbruch, worin $k_2, \cdots k_\mu$ positiv sind. Man kann μ gerade wählen, und dann ist der Kettenbruch vollständig bestimmt. Weil $\delta > \beta$ ist, so ist auch $k_1 > 0$. Die positiven teilerfremden Zahlen α und γ sind jetzt durch die Gleichung

$$\frac{\gamma}{\alpha} = (k_1, k_2, \cdots k_{\mu-1})$$

bestimmt. Nach der Bezeichnung von Euler ist

$$\alpha = [k_2, \cdots k_{\mu-1}], \qquad \beta = [k_2, \cdots k_\mu],$$
$$\gamma = [k_1, \cdots k_{\mu-1}], \qquad \delta = [k_1, \cdots k_\mu],$$

und mithin ist

$$(3.) \qquad r = \frac{\gamma + \delta r'}{\alpha + \beta r'} = (k_1, k_2, \cdots k_{\mu-1}, k_\mu, r').$$

Ist z. B. $\alpha = \gamma$, so ist $\alpha = \gamma = 1$, $\delta = \beta + 1$ und $r = (1, \beta, r')$. Ist $\alpha = \beta = 1$, so ist $\delta = \gamma + 1$ und $r = (\gamma, 1, r')$. Da aber eine irrationale positive Größe r nur auf eine Art in einen Kettenbruch entwickelt werden kann, so sind, weil $r' > 1$ ist, die positiven ganzen Zahlen $k_1, k_2, \cdots k_\mu$ die ersten μ Teilnenner des Kettenbruchs für r, und folglich ist (3.) die Substitution, die φ in φ_μ überführt, und demnach ist $\varphi' = \varphi_\mu$. Diese Form φ_μ steht in der Kette rechts von φ, weil wir β und γ als positiv vorausgesetzt haben. Hätten wir sie negativ gewählt, so würde φ' links von φ stehen.

§ 4.

Es bleibt noch zu beweisen, daß jede Form (a_0, b_0, a_1) einer reduzierten äquivalent ist. Sei (a_1, b_1, a_2) eine benachbarte Form, worin $|b_1| \leqq |a_1|$ ist, (a_2, b_2, a_3) eine dazu benachbarte Form, worin $|b_2| \leqq |a_2|$

ist, usw. Nach einer endlichen Anzahl von Schritten kommt man so zu einer Form $(a_n, b_n, a_{n+1})_1$, worin $a_n a_{n+1} < 0$ ist.

Denn in einer Form (a, b, c), worin $ac > 0$ und $|b| \leqq |a|$ ist, ist $b^2 - 4|bc| \geqq b^2 - 4|ac| > 0$, also $|b| > 4|c|$.

Soweit also $a, a_1, a_2, \cdots$ dasselbe Zeichen haben, ist

$$|a_1| \geqq |b_1| > 4|a_2| \geqq 4|b_2| > 16|a_3| \geqq 16|b_3| > \cdots$$

also $|b_1| > 4^{m-1}|b_m|$ und $0 < 4a_m a_{m+1} = b_m^2 - D < 4^{-2m+2}b_1^2 - D$. Wählt man m so groß, daß diese Zahl negativ wird, so muß daher $a_n a_{n+1}$ für einen Wert $n < m$ negativ werden.

In einer Form $\varphi = (a, b, c)$ aber, worin $ac < 0$ ist, ist $R^2 = b^2 + 4|ac|$, demnach ist die kleinere der beiden Größen $2|a|$ oder $2|c| \leqq R$. Im zweiten Falle sei (a', b', c) eine mit φ äquivalente Form, worin $b' \equiv b$ (mod $2c$) und $R > b' > R - 2|c|$ ist. Nach (10) § 1 ist diese Form eine reduzierte.

Zu demselben Ergebnis gelangt man nach HERMITE auf folgendem Wege: Sei $\varphi = \xi\eta = (px + qy)(rx + sy)$ eine Form der Diskriminante $D = (ps - qr)^2 = R^2$. Die positive Form $\xi^2 + \eta^2$ der Diskriminante -4 geht durch die Substitution $\xi = px + qy$, $\eta = rx + sy$ in eine Form $\psi(x, y)$ der Diskrimininate $-\Delta = -4R^2$ über. Soll der Wert von ψ eine gegebene Grenze nicht überschreiten, so müssen die ganzen Zahlen x und y unter bestimmten Grenzen liegen. Folglich hat ψ ein Minimum k, und es gibt eine mit ψ äquivalente Form (k, l, m), worin $|l| \leqq k$ ist, und weil k das Minimum von ψ ist, $k \leqq m$ ist. Daher ist $\Delta = 4km - l^2 \geqq 4k^2 - k^2 = 3k^2$. Für die Werte von x und y, wofür $\psi = k$ ist, sei $\varphi = a$. Dann ist

$$2|\xi\eta| \leqq \xi^2 + \eta^2 \leqq \sqrt{\frac{1}{3}\Delta}\,, \qquad |a| \leqq \sqrt{\frac{1}{3}}\,R < R.$$

Daher gibt es eine zu φ äquivalente Form (a, b, c), worin $|b| \leqq |a| < R$ ist. Ist aber $b^2 < R^2 = b^2 - 4ac$, so ist ac negativ.

II. *In jeder Klasse gibt es eine Form* (a, b, c), *worin* $|b| \leqq |a| \leqq |c|$ *und mithin* $ac < 0$ *ist.*

Zunächst folgt aus $4ac < b^2 < |ac|$, daß $ac < 0$ ist. Da ferner (a, b, c) und $(c, -b, a)$ äquivalente Formen sind, so genügt es, in der Klasse $\mathfrak{K}$ eine Form zu finden, worin $|b| < |a|$ und $|b| < |c|$ ist. Nun gibt es in $\mathfrak{K}$ eine Form $(a, b, -a_1)$, worin a und a_1 dasselbe Vorzeichen ε haben und $|b| \leqq \varepsilon a$ ist. Sollte nicht zugleich $|b| \leqq \varepsilon a_1$ sein, so genügt der Forderung die benachbarte Form $(-a_1, b_1, a_2)$, worin $|b_1| \leqq \varepsilon a_1$ ist. Denn es ist

$$|b_1| \leqq \varepsilon a_1 < |b| \leqq \varepsilon a < \varepsilon a_2.$$

Die letzte Ungleichheit folgt aus Gleichung

$$b^2 - b_1^2 = 4\varepsilon a_1 (\varepsilon a_2 - \varepsilon a).$$

Daher kann man eine zu $+\psi$ oder $-\psi$ (eigentlich oder uneigentlich) äquivalente Form $\varphi = (a, b, -c)$ finden, worin a, b, c positiv sind und $b \leq a \leq c$ ist. Ist $\varphi(1, -1) = a - b - c = -a'$, so ist

$$D = b^2 + 4ac = (2a - b)^2 + 4aa' \geqq a^2 + 4aa' \geqq 5m^2,$$

wenn m die kleinere der beiden positiven Größen a und a' ist. Demnach ist

$$(1.) \qquad m \leqq \sqrt{\frac{1}{5} D},$$

und die Gleichheit gilt nur dann, wenn $a = b = a' = c$, also $\varphi = a(1, 1, -1)$ ist.

§ 5.

Für die durch φ bestimmte Klasse $\mathfrak{K}$ mögen die Formen

$$(\mathfrak{K}) \qquad \varphi_\lambda = (a_\lambda, b_\lambda, a_{\lambda+1}),$$

wo sich λ von $-\infty$ bis $+\infty$ bewegt, die Kette der reduzierten Formen bilden. Ist dann a irgendeine durch φ (eigentlich) darstellbare Zahl, so gibt es in $\mathfrak{K}$ eine Form (a, b', c'), deren erster Koeffizient a ist, und dazu eine parallele Form $\psi = (a, b, c)$, worin $R > b > R - 2|a|$ ist. Ist nun $2|a| \leq R$, so ist ψ nach (10.) § 1 eine reduzierte Form, also ist a eine der Zahlen a_λ. So ergibt sich der Satz von Lagrange:

III. *Unter den Zahlen a_λ finden sich alle durch φ darstellbaren Zahlen, die absolut $\leqq \frac{1}{2} R$ sind.*

Da $R^2 = b_\lambda^2 + 4|a_\lambda a_{\lambda+1}|$ ist, so ist von je zwei aufeinander folgenden Größen a_λ mindestens eine $< \frac{1}{2} R$. Wie in § 2 gezeigt, kann nur dann $|a_\lambda| > \frac{1}{2} R$ sein, wenn $k_\lambda = 1$ ist. Es gilt also der Satz:

IV. *In einer reduzierten Form (a, b, c), worin $|a| > \frac{1}{2} R$ ist, ist $-|a| + b + |c| < \frac{1}{2} R$; und in einer solchen, worin $|c| > \frac{1}{2} R$ ist, ist $|a| + b - |c| < \frac{1}{2} R$.*

Die Zahlen a_λ, die absolut $< \frac{1}{2} R$ sind, sind die absolut kleinsten durch φ darstellbaren Zahlen. Für die Zahlen a_λ, die absolut $> \frac{1}{2} R$ sind, trifft dies nicht zu. Denn ist z. B. $\varphi = (1, 9, -8)$ die

Hauptform der Diskriminante $D = 113$, so sind die Zahlen $\pm a_\lambda$ gleich $1, 2, 4$ und 8. Die durch φ darstellbare Zahl $7 = 5^2 + 9.5.6 - 8.6^2$ kommt nicht unter ihnen vor.

Ähnliche Sätze gelten für die mittleren Koeffizienten b_λ der Formen der Kette $\mathfrak{K}$.

V. *Liegt der mittlere Koeffizient b irgendeiner Form (a, b, c) der Klasse $\mathfrak{K}$ zwischen $-R$ und $+R$, so ist, falls $|a| \leqq |c|$ ist, eine der Zahlen* $b_\lambda \equiv b$ mod $(2a)$.

Da $b^2 < R^2 = b^2 - 4ac$ ist, so ist ac negativ, also $2|a| < R$. Ist nun $b' \equiv b$ mod $(2a)$ und $R > b' > R - 2|a|$, so ist die zu (a, b, c) parallele Form (a, b', c') nach (10.) § 1 eine reduzierte Form φ_λ. Daher ist $a = a_\lambda$ und $b' = b_\lambda \equiv b$ (mod $2a$).

VI. *Liegt der mittlere Koeffizient b einer Form der Klasse $\mathfrak{K}$ zwischen 0 und R, so gibt es eine Größe $b_\lambda \geqq b$.*

Denn zwischen R und $R - 2|a|$ gibt es nur eine Größe b_λ, die $\equiv b$ (mod $2a$) ist. Daher kann b nicht zwischen b_λ und R liegen.

Endlich sei b'_λ der absolut kleinste Rest von b_λ (mod $2a_\lambda$), also $|b'_\lambda| \leqq |a_\lambda|$.

VII. *Liegt der mittlere Koeffizient b einer Form der Klasse $\mathfrak{K}$ zwischen $-R$ und $+R$, so gibt es eine Größe b'_λ, die absolut $\leqq b$ ist.*

Denn zwischen $-a$ und $+a$ gibt es nur eine Größe b'_λ, die $\equiv b_\lambda \equiv b$ (mod $2a$) ist. Daher kann b nicht zwischen $-b'_\lambda$ und $+b'_\lambda$ liegen.

Zur Theorie der indefiniten binären quadratischen Formen.

Von Prof. Dr. I. Schur
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Frobenius.)

Wendet man auf die quadratische Form

$$\varphi = ax^2 + bxy + cy^2 = (a, b, c),$$

deren Koeffizienten beliebige reelle Zahlen sein können, eine ganzzahlige Substitution $\begin{pmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{pmatrix}$ von der Determinante 1 an, so entsteht eine mit φ (eigentlich) äquivalente Form. Die verschiedenen unter diesen Formen bilden die durch φ bestimmte Formenklasse $\mathfrak{K} = \mathfrak{K}(\varphi)$. Ist q eine von Null verschiedene Konstante, so nenne ich die Klasse $\mathfrak{K}(q\varphi)$ eine zu $\mathfrak{K}(\varphi)$ *proportionale Klasse*. Ich behandle nur Formen φ mit positiver Diskriminante

$$D = b^2 - 4ac.$$

Ausgeschlossen wird der Fall, daß φ für zwei ganze Zahlen x und y, die nicht beide Null sind, verschwindet.

Durchläuft (a', b', c') alle Formen der Klasse $\mathfrak{K}$, so seien A und B die unteren Grenzen der Zahlen $|a'|$ bzw. $|b'|$. Man kann diese Größen auch anders definieren: A ist die untere Grenze der Werte, die $|\varphi|$ erhält, wenn x und y alle ganzen Zahlen durchlaufen; auszuschließen ist hierbei das Wertepaar $x = 0$, $y = 0$. Ist ferner

$$\psi = 2axx' + b(xy' + yx') + 2cyy'$$

die zu φ gehörende symmetrische Bilinearform, so ist B die untere Grenze der Werte, die $|\psi|$ erhält, wenn man für x, y, x', y' alle ganzen Zahlen mit der Determinante $xy' - yx' = 1$ (oder -1) einsetzt.

Für die Zahl A hat Hr. Markoff[1] einen bemerkenswerten Satz bewiesen, der sich folgendermaßen aussprechen läßt:

[1] Math. Annalen, Bd. XV, S. 381—406 und Bd. XVII, S. 379—399.

»Betrachtet man die Gesamtheit aller (indefiniten) Formenklassen $\mathfrak{K}$, so ist die kleinste Häufungsstelle (der *Limes inferior*) der zugehörigen Zahlen

$$Q' = \frac{\sqrt{D}}{A}$$

gleich 3. Es gibt unendlich viele nicht proportionale Klassen, für die $Q' = 3$ wird. Die einzigen Werte von Q', die unterhalb 3 liegen, haben die Form $Q'_p = \sqrt{9 - \frac{4}{p^2}}$, wo p alle ganzen Zahlen durchläuft, für die sich zwei andere ganze Zahlen q und r bestimmen lassen, so daß

$$p^2 + q^2 + r^2 = 3pqr$$

wird. Sieht man proportionale Klassen als nicht verschieden an, so gibt es für jedes p nur endlich viele Klassen, für die $Q' = Q'_p$ wird[1]. Die Formen dieser Klassen haben rationale Koeffizienten.«

Ein ganz analoger Satz läßt sich, wie im folgenden gezeigt werden soll, für die Zahl B aufstellen:

I. *Die kleinste Häufungsstelle der Zahlen*

$$Q'' = \frac{\sqrt{D}}{B}$$

ist gleich $2 + \sqrt{5}$. *Nur für die durch die Form*

$$\psi_\infty = (1, 1, -2 - \sqrt{5})$$

bestimmte Klasse und die zu ihr proportionalen Klassen wird $Q'' = 2 + \sqrt{5}$. *Die einzigen Werte von* Q'', *die unterhalb* $2 + \sqrt{5}$ *liegen, haben die Form*

$$Q''_\nu = \sqrt{13 + \frac{8p_{2\nu}}{p_{2\nu+1}}}, \qquad (\nu = -1, 0, 1, 2, \ldots)$$

wo p_λ *die Reihe der Fibonaccischen Zahlen*

$$p_{-2} = -1, \quad p_{-1} = 1, \quad p_0 = 0, \quad p_1 = 1, \quad \cdots, \quad p_\lambda = p_{\lambda-1} + p_{\lambda-2}, \quad \cdots$$

durchläuft. Die Zahlen Q''_ν *konvergieren mit wachsendem* ν *gegen* $2 + \sqrt{5}$. *Setzt man*

$$\psi_{2\nu} = (p_{2\nu+1}, p_{2\nu+1}, -p_{2\nu+4}),$$

so wird nur für die Klasse $\mathfrak{K}(\psi_{2\nu})$ *und die zu ihr proportionalen Klassen* $Q'' = Q''_\nu$.

Ist für die Form φ die Zahl A größer als Null und gibt es zwei ganze Zahlen x und y, für die $|\varphi| = A$ wird, so ist φ oder $-\varphi$ einer Form $(a', b', -c')$ eigentlich oder uneigentlich äquivalent, in der $a' = A$ und $0 \leq b' \leq a'$ ist.

[1] Vermutlich gehört zu jedem diesem Ausnahmewerte nur eine Formenklasse, doch scheint mir dies aus der Markoffschen Untersuchung noch nicht hervorzugehen.

Eine Form $\mu = (a, b, -c)$, in der

$$0 \leqq b \leqq a \leqq c, \quad a > 0$$

und a zugleich die kleinste durch $|\mu|$ darstellbare Zahl ist, nenne ich eine *Minimalform*[1]. Die Diskriminante $D = b^2 + 4ac$ einer solchen Form ist von selbst positiv. Für diese Formen gilt der Satz:

II. *In jeder Minimalform* $\mu = (a, b, -c)$, *die nicht die Gestalt* $(a, a, -a)$ *hat, ist*

$$c \geqq 2a + b. \tag{1.}$$

Ist μ *auch nicht von der Gestalt* $(a, a, -3a)$, *so wird*

$$c \geqq \frac{2+\sqrt{3}}{2}\,a + \frac{1+\sqrt{3}}{2}\,b.$$

Betrachtet man die Gesamtheit aller Minimalformen, so ist die kleinste Häufungsstelle der zugehörigen Zahlen $\frac{\sqrt{D}}{b}$ *gleich* $2+\sqrt{3}$. *Die einzigen für* $\frac{\sqrt{D}}{b}$ *in Betracht kommenden Werte, die nicht oberhalb* $2+\sqrt{3}$ *liegen, sind*

$$\sqrt{5}, \quad \sqrt{13}, \quad 2+\sqrt{3}.$$

Diese Werte erhält $\frac{\sqrt{D}}{b}$ *nur bei den Minimalformen*

$$(a, a, -a), \quad (a, a, -3a), \quad \left(a, a, -\frac{3+2\sqrt{3}}{2}\,a\right).$$

Die Bemerkung, daß bei jeder Minimalform, die nicht von der Gestalt $(a, a, -a)$ ist, die Ungleichung (1.) besteht, daß demnach $\sqrt{D} \geqq b\sqrt{13}$ ist und nur bei der Minimalform $(a, a, -3a)$ das Gleichheitszeichen gilt, rührt von Hrn. R. Remak her. Durch seine Mitteilung bin ich erst auf die Frage nach der Größe der mittleren Koeffizienten in den Minimalformen aufmerksam geworden.

In den Bezeichnungen schließe ich mich im wesentlichen der vorangehenden Arbeit von Hrn. Frobenius an, die ich kurz mit F. zitieren werde.

§ 1.

Es sei

$$\ldots, \varphi_{-2}, \varphi_{-1}, \varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \ldots$$

die Kette der reduzierten Formen der Klasse $\mathfrak{K}$ (vgl. F., § 2). Ist

$$\varphi_\nu = (-1)^{\nu-1} a_\nu x^2 + b_\nu xy + (-1)^\nu a_{\nu+1} y^2 \quad (\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots)$$

[1] Es ist zu beachten, daß eine Formenklasse sehr wohl mehrere verschiedene Minimalformen enthalten kann. Z. B. gehören die beiden Minimalformen $(21, 1, -2211)$ und $(21, 13, -2209)$ einer Klasse an.

und nimmt man an, daß $a_0 > 0$ ist, so sind alle Zahlen a_ν und b_ν positiv, ferner ist

$$\frac{b_\nu + b_{\nu+1}}{2a_{\nu+1}} = k_\nu$$

eine positive ganze Zahl. Setzt man

$$r_\nu = \frac{\sqrt{D} + b_\nu}{2a_{\nu+1}}, \qquad s_\nu = \frac{\sqrt{D} - b_\nu}{2a_{\nu+1}},$$

so wird

$$r_\nu = k_\nu + \frac{1}{r_{\nu+1}}, \qquad \frac{1}{s_{\nu+1}} = k_\nu + s_\nu$$

und

$$r_\nu = (k_\nu, k_{\nu+1}, k_{\nu+2}, \cdots), \qquad s_\nu = (0, k_{\nu-1}, k_{\nu-2}, \cdots).$$

Die Reihe der positiven ganzen Zahlen

$$(K) \qquad \ldots, k_{-2}, k_{-1}, k_0, k_1, k_2, \ldots$$

bezeichne ich als die *zur Klasse $\mathfrak{K}$ gehörende Nennerreihe.* Um diese Reihe zu erhalten, hat man nur eine reduzierte Form φ_ν zu bestimmen und die zugehörigen Zahlen r_ν und s_ν in Kettenbrüche zu entwickeln. Zwei Klassen mit derselben Nennerreihe sind einander proportional (vgl. F., § 3). Will man, wenn K gegeben ist, die Klasse $\mathfrak{K}$ eindeutig fixieren, so muß man für eine der Zahlen a_ν einen bestimmten Wert vorschreiben. Da wir angenommen haben, daß die Formen von $\mathfrak{K}$, als Funktionen der ganzzahligen Variabeln x und y betrachtet, nur für $x = y = 0$ verschwinden sollen, so sind r_ν und s_ν irrationale Zahlen. Die Reihe K erstreckt sich daher sowohl nach links als auch nach rechts ins Unendliche.

Zwischen den Zahlen D, a_ν, b_ν, r_ν, s_ν bestehen die Beziehungen

$$\frac{a_\nu}{a_{\nu+1}} = r_\nu s_\nu, \qquad \frac{b_\nu}{a_{\nu+1}} = r_\nu - s_\nu, \qquad \frac{\sqrt{D}}{a_{\nu+1}} = r_\nu + s_\nu.$$

Die in der Einleitung definierten Zahlen A und B lassen sich nun folgendermaßen bestimmen: A ist die untere Grenze der Zahlen a_ν, also $\frac{\sqrt{D}}{A}$ die obere Grenze der Größen $r_\nu + s_\nu$ (vgl. Markoff, Math. Ann. Bd. XV, S. 385, und F., § 5). Ist ferner b'_ν der absolut kleinste Rest von b_ν mod $2a_{\nu+1}$ (also $-b'_\nu$ der absolut kleinste Rest von $b_{\nu+1}$ nach demselben Modul), so ist B die untere Grenze der Zahlen $|b'_\nu|$ (vgl. F., § 5). Die von uns zu untersuchende Zahl $\frac{\sqrt{D}}{B}$ ist demnach die obere Grenze der Größen

$$Q_\nu = \frac{\sqrt{D}}{|b'_\nu|}.$$

Setzt man $r_\nu = k_\nu + r'_\nu$, so wird $0 < r'_\nu < 1$ und

$$\frac{b_\nu}{a_{\nu+1}} = k_\nu + r'_\nu - s_\nu .$$

Daher ist für ein gerades k_ν

$$\frac{b'_\nu}{a'_{\nu+1}} = r'_\nu - s_\nu$$

und für ein ungerades k_ν

$$\frac{b'_\nu}{a_{\nu+1}} = 1 + r'_\nu - s_\nu \text{ oder } = -1 + r'_\nu - s_\nu ,$$

je nachdem $r'_\nu \leqq s_\nu$ oder $r'_\nu > s_\nu$ ist. Bezeichnet man die größere der Zahlen r'_ν und s_ν mit u_ν, die kleinere mit v_ν, so wird also für ein gerades k_ν

$$Q_\nu = \frac{k_\nu + u_\nu + v_\nu}{u_\nu - v_\nu} \tag{2.}$$

und für ein ungerades k_ν

$$Q_\nu = \frac{k_\nu + u_\nu + v_\nu}{1 - u_\nu + v_\nu} . \tag{2'.}$$

Die Größen u_ν und v_ν sind hierbei, abgesehen von der Reihenfolge, die Kettenbrüche

$$(0, k_{\nu+1}, k_{\nu+2}, \cdots) \text{ und } (0, k_{\nu-1}, k_{\nu-2}, \cdots).$$

§ 2.

Dem Beweise des Satzes I schicke ich einige Hilfssätze voraus:

Hilfssatz I. *Ist keine der Zahlen Q_ν größer als 5, so muß jeder der Nenner k_ν entweder gleich 1 oder gleich 3 sein.*

Ist nämlich k_ν ungerade, so folgt aus $Q_\nu \leqq 5$ wegen (2'.)

$$k_\nu + u_\nu + v_\nu \leqq 5\,(1 - u_\nu + v_\nu) \leqq 5 ,$$

also $k_\nu < 5$. Für ein gerades k_ν ergibt sich ebenso auf Grund der Formel (2.)

$$k_\nu + u_\nu + v_\nu \leqq 5 u_\nu - 5 v_\nu ,$$

also

$$k_\nu + 6 v_\nu \leqq 4 u_\nu < 4 . \tag{3.}$$

Daher kommen für die Zahlen der Reihe K jedenfalls nur die Werte 1, 2 und 3 in Betracht, folglich ist $u_\nu \geqq v_\nu > \frac{1}{4}$. Es kann aber nicht $k_\nu = 2$ sein. Denn dann würde aus (3.) folgen

$$4 u_\nu \geqq 2 + 6 v_\nu > 2 + \frac{6}{4} ,$$

also $u_\nu > \frac{7}{8}$. Daher müßte der Kettenbruch für u_ν die Form

$$u_\nu = (0, 1, k, \cdots)$$

haben, wo $k \geqq 7$ ist. Dies ist aber nicht möglich, da k wieder eine Zahl der Reihe K ist.

Hilfssatz II. *Ist keine der Zahlen Q_ν größer als $\frac{23}{5}$ und sind zwei aufeinanderfolgende Zahlen der Reihe K gleich 3, so müssen alle Zahlen der Reihe gleich 3 sein.*

Da $\frac{23}{5} < 5$ ist, so enthält K keine von 1 und 3 verschiedene Zahl. Wären nun zwei aufeinanderfolgende Zahlen der Reihe K gleich 3, ohne daß alle ihre Zahlen den Wert 3 haben, so müßte es einen Index ν geben, für den $k_\nu = 3$ und entweder $k_{\nu-1} = 1, k_{\nu+1} = 3$ oder $k_{\nu-1} = 3, k_{\nu+1} = 1$ wird. Dann ist

$$u_\nu = (0, 1, \cdots), \quad v_\nu = (0, 3, \cdots),$$

also $u_\nu > \frac{1}{2}, v_\nu < \frac{1}{3}$. Aus $Q_\nu \leqq \frac{23}{5}$ folgt aber auf Grund der Formel (2'.)

$$3 + u_\nu + v_\nu \leqq \frac{23}{5}(1 - u_\nu + v_\nu),$$

also

$$28 u_\nu \leqq 8 + 18 v_\nu < 8 + \frac{18}{3}.$$

Dies gibt aber $u_\nu < \frac{1}{2}$, was nicht richtig ist.

Hilfssatz III. *Sind alle Zahlen der Reihe K gleich* 1 *oder gleich* 3 *und ist für ein ν*

$$(4.) \qquad k_\nu = 1, \quad Q_\nu \geqq 4,$$

so muß K eine Folge 3 1 1 3 *enthalten.*

Aus (4.) folgt

$$1 + u_\nu + v_\nu \geqq 4(1 - u_\nu + v_\nu)$$

oder, was dasselbe ist,

$$5 u_\nu \geqq 3 + 3 v_\nu .$$

Hat nun v_ν eine Kettenbruchentwicklung der Form $(0, 1, \cdots)$, so wird $v_\nu > \frac{1}{2}$ und $5 u_\nu > 3 + \frac{3}{2}$, also $u_\nu > \frac{9}{10}$. Dies ist nicht möglich, da alsdann u_ν von der Form $(0, 1, k, \cdots)$ sein müßte, wo $k \geqq 9$ ist. Ist aber v_ν von der Form $(0, 3, \cdots)$, so wird $v_\nu > \frac{1}{4}$ und $5 u_\nu > 3 + \frac{3}{4}$, also $u_\nu > \frac{3}{4}$. Daher hat der Kettenbruch für u_ν die Form $(0, 1, k, \cdots)$,

wo k nicht kleiner als 3 und daher gleich 3 sein muß. Der einzige in Betracht kommende Fall ist also

$$u_\nu = (0, 1, 3, \cdots), \qquad v_\nu = (0, 3, \cdots).$$

Da wir noch $k_\nu = 1$ hatten, so erhalten wir in der Reihe K die Folge 3113.

§ 3.

Es sei

$$\varepsilon = \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \qquad \varepsilon' = \frac{1-\sqrt{5}}{2} = -\varepsilon^{-1}$$

und

$$p_n = \frac{\varepsilon^n - \varepsilon'^n}{\varepsilon - \varepsilon'} \qquad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots).$$

Da ε und ε' der Gleichung $x^2 = x + 1$ genügen, so ist

$$p_n = p_{n-1} + p_{n-2}. \tag{5.}$$

Die Zahlen p_n sind positive ganze Zahlen; die ersten Zahlen der Reihe $p_0, p_1, \cdots$ sind

$$0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, \cdots.$$

Es gelten, wie man leicht zeigt, für alle positiven und negativen Werte der Indizes die Formeln

$$p_{-n} = (-1)^{n-1} p_n, \tag{6.}$$

$$p_{m+n} = p_{m+1} p_n + p_m p_{n-1}. \tag{7.}$$

Ersetzt man in der zweiten Gleichung n durch $-n$, so erhält man wegen (6.)

$$p_{m+1} p_n - p_m p_{n+1} = (-1)^{n-1} p_{m-n}. \tag{8.}$$

Insbesondere ist

$$p_n^2 - p_{n-1} p_{n+1} = (-1)^{n-1}. \tag{8'.}$$

Aus

$$p_{3+n} = p_4 p_n + p_3 p_{n-1}, \quad p_{-3+n} = p_{-2} p_n + p_{-3} p_{n-1}$$

folgt durch Subtraktion $p_{n+3} - p_{n-3} = (p_4 - p_{-2}) p_n$ oder

$$p_{n+3} = 4p_n + p_{n-3}. \tag{9.}$$

Die Zahlen

$$\frac{p_0}{p_1}, \frac{p_1}{p_2}, \frac{p_2}{p_3}, \cdots$$

sind die Näherungsbrüche des Kettenbruchs

$$\gamma = (0, 1, 1, \cdots) = \varepsilon^{-1} = \frac{\sqrt{5}-1}{2}.$$

Daher ist

$$(10.) \quad \begin{cases} \frac{p_0}{p_1} < \frac{p_2}{p_3} < \frac{p_4}{p_5} < \cdots < \gamma, \\ \frac{p_1}{p_2} > \frac{p_3}{p_4} > \frac{p_5}{p_6} > \cdots > \gamma \end{cases}$$

und

$$\lim_{n=\infty} \frac{p_{n-1}}{p_n} = \gamma.$$

Die Zahl γ genügt der Gleichung $\gamma^2 = 1 - \gamma$, aus der

$$\gamma^2 = \frac{1}{2+\gamma}$$

folgt. Daher ist

$$\gamma^2 = (0, 2, 1, 1, \cdots).$$

Die Näherungsbrüche dieses Kettenbruchs sind

$$\frac{p_0}{p_2}, \frac{p_1}{p_3}, \frac{p_2}{p_4}, \cdots.$$

Daher ist insbesondere

$$\frac{p_0}{p_2} < \frac{p_2}{p_4} < \frac{p_4}{p_6} < \cdots < \gamma^2.$$

Aus

$$\frac{p_{2\nu}}{p_{2\nu+2}} < \gamma^2, \quad \frac{p_{2\nu+2}}{p_{2\nu+3}} < \gamma$$

folgt

$$(11.) \quad \frac{p_{2\nu}}{p_{2\nu+3}} < \gamma^3.$$

Es sei ferner $\varkappa_n$ ein Kettenbruch der Form

$$\varkappa_n = (0, 1, 1, \cdots, 1, 3, \cdots),$$

wobei die Anzahl der Einsen gleich n sein soll. Der $(n+1)$te Näherungsbruch ist gleich $\frac{p_n}{p_{n+1}}$, der $(n+2)$te gleich

$$\frac{3p_n + p_{n-1}}{3p_{n+1} + p_n} = \frac{p_n + p_{n+2}}{p_{n+1} + p_{n+3}} = \frac{p_{n+2}}{p_{n+3}} + \frac{(-1)^{n-1}}{p_{n+3}(p_{n+1} + p_{n+3})}.$$

Daher ist für ein ungerades n

$$\varkappa_n < \frac{p_n}{p_{n+1}}, \qquad \varkappa_n > \frac{p_n + p_{n+2}}{p_{n+1} + p_{n+3}} > \frac{p_{n+2}}{p_{n+3}} > \gamma$$

und für ein gerades n

$$\varkappa_n > \frac{p_n}{p_{n+1}}, \qquad \varkappa_n < \frac{p_n + p_{n+2}}{p_{n+1} + p_{n+3}} < \frac{p_{n+2}}{p_{n+3}} < \gamma.$$

§ 4.

Um den Satz I zu beweisen, haben wir diejenigen Formenklassen $\mathfrak{K}$ zu bestimmen, für welche

$$\frac{\sqrt{D}}{B} \leqq 2 + \sqrt{5} = \varepsilon^3$$

ist. Dies ist nach § 1 dann und nur dann der Fall, wenn für alle ν

$$(12.) \qquad Q_\nu \leqq \varepsilon^3$$

wird. Der Kettenbruch für ε^3 ist

$$\varepsilon^3 = (4, 4, 4, \cdots).$$

Da $\varepsilon^3 < 5$ ist, so kann nach Hilfssatz I die zur Klasse $\mathfrak{K}$ gehörende Nennerreihe K keine von 1 und 3 verschiedene Zahl enthalten.

Sind alle Zahlen k_ν gleich 1, ist also K die Reihe

$$(K_{-2}) \qquad \cdots, 1, 1, 1, \cdots,$$

so wird für jedes ν

$$u_\nu = v_\nu = (0, 1, 1, \cdots) = \frac{\sqrt{5}-1}{2}$$

und

$$Q_\nu = \sqrt{5} < \varepsilon^3.$$

Ist ferner K die Reihe

$$(K_0) \qquad \cdots, 3, 3, 3, \cdots,$$

so wird für jedes ν

$$u_\nu = v_\nu = (0, 3, 3, \cdots) = \frac{\sqrt{13}-3}{2}$$

und

$$Q_\nu = \sqrt{13} < \varepsilon^3.$$

Im ersten Fall ist die reduzierte Form φ_1, abgesehen von einem konstanten Faktor, gleich

$$\psi_{-2} = (1, 1, -1) = (p_{-1}, p_{-1}, -p_2).$$

Im zweiten Fall ist $\varphi_1 = \text{const.}\ (1, 3, -1)$. Die Form $(1, 3, -1)$ ist der Form

$$\psi_0 = (1, 1, -3) = (p_1, p_1, -p_4)$$

äquivalent.

Sieht man von diesen beiden Fällen ab, so müssen in der Reihe K beide Zahlen 1 und 3 vorkommen. Da ferner $\varepsilon^3 < \frac{23}{5}$ ist, so können nach Hilfssatz II in K auch nicht zwei aufeinanderfolgende Zahlen gleich 3 sein. Es sei nun für einen speziellen Wert von ν insbesondere

$k_\nu = 3$. Schreibt man zur Abkürzung u, v für u_ν, v_ν, so erhält die Ungleichung (12.) die Form

$$\frac{3+u+v}{1-u+v} \leqq \varepsilon^3 = 4 + \varepsilon^{-3}.$$

Hieraus folgt, wenn wir beachten, daß

$$p_{-1} = 1, \quad p_1 = 1, \quad p_2 = 1, \quad p_4 = 3, \quad p_5 = 5$$

ist,

$$(13.) \qquad \frac{-p_2 + p_5 u - p_4 v}{p_{-1} - p_2 u + p_1 v} \leqq \varepsilon^{-3}.$$

Ist hier der Zähler positiv, so wird

$$\frac{p_{-1} - p_2 u + p_1 v}{-p_2 + p_5 u - p_4 v} \geqq \varepsilon^3 = 4 + \varepsilon^{-3},$$

also (vgl. Formel (9.)).

$$\frac{p_5 - p_8 u + p_7 v}{-p_2 + p_5 u - p_4 v} \geqq \varepsilon^{-3},$$

und hieraus folgt wieder

$$\frac{-p_8 + p_{11} u - p_{10} v}{p_5 - p_8 u + p_7 v} \leqq \varepsilon^{-3},$$

wobei der Nenner jedenfalls positiv ist.

Indem wir nun auf diese Ungleichung dieselbe Schlußweise anwenden wie auf die Ungleichung (13.) und das Verfahren fortsetzen, erkennen wir: ist für einen Index k

$$P_k = -p_{6k+2} + p_{6k+5} u - p_{6k+4} v$$

positiv, so wird

$$\frac{p_{6k+5} - p_{6k+8} u + p_{6k+7} v}{P_k} \geqq \varepsilon^{-3},$$

und daher ist der Zähler gewiß positiv.

Es sei zunächst P_k für alle Werte von k positiv. Dann ist also für $k = 1, 2, 3, \cdots$

$$-p_{6k+2} + p_{6k+5} u - p_{6k+4} v > 0,$$

$$p_{6k+5} - p_{6k+8} u + p_{6k+7} v > 0.$$

Dividiert man durch p_{6k+5}, bzw. p_{6k+8} und läßt k über alle Grenzen wachsen, so erhält man, da

$$\lim_{n=\infty} \frac{p_{n-1}}{p_n} = \gamma, \qquad \lim_{n=\infty} \frac{p_{n-3}}{p_n} = \gamma^3$$

ist,

$$-\gamma^3 + u - \gamma v \geqq 0, \qquad \gamma^3 - u + \gamma v \geqq 0,$$

also

$$u = \gamma v + \gamma^3.$$

Gibt es ferner eine Zahl k, für die $P_k \leqq 0$ wird, so erhalten wir

$$u \leqq \frac{p_{6k+4}}{p_{6k+5}} v + \frac{p_{6k+2}}{p_{6k+5}}.$$

Der rechtsstehende Ausdruck ist, wie aus den Formeln (10.) und (11.) folgt, kleiner als $\gamma v + \gamma^2$. In jedem Fall ist also

$$u \leqq \gamma v + \gamma^2. \tag{14.}$$

Hieraus folgt, da $v \leqq u$ ist, $u \leqq \gamma u + \gamma^2$ oder, da

$$\gamma^2 = \gamma - \gamma^2 = 2\gamma - 1 \tag{15.}$$

ist, $u \leqq \gamma$. Ist zunächst $u = \gamma$, so muß auch $v = \gamma$ sein. In diesem Fall wird

$$Q_r = 3 + u + v = 3 + 2\gamma = 2 + \sqrt{5}.$$

Die Reihe K ist hier, da $\gamma = (0, 1, 1, \cdots)$ ist, die Reihe

$$\cdots 1\,1\,3\,1\,1 \cdots. \tag{K_∞}$$

Setzt man $k_0 = 3$, so wird $r_0 = 3 + \gamma$, $s_0 = \gamma$, und hieraus ergibt sich, daß die reduzierte Form φ_0 die Gestalt

$$\varphi_0 = \text{const.}\,(-\sqrt{5}, 3, 1)$$

erhält. Die Form $(-\sqrt{5}, 3, 1)$ ist der Form

$$\psi_\infty = (1, 1, -2-\sqrt{5})$$

äquivalent.

Es sei nun $u < \gamma$. Dann haben die Kettenbrüche für u und v die Form

$$u = (0, \overbrace{1, 1, \cdots, 1}^{m}, 3, \cdots), \qquad v = (0, \overbrace{1, 1, \cdots, 1}^{n}, 3, \cdots).$$

Auf Grund der am Schluß des vorigen Paragraphen gemachten Bemerkung ergibt sich aus $u < \gamma$, $v < \gamma$, daß m und n gerade Zahlen sein müssen; außerdem ist wegen $v \leqq u$ die Zahl m nicht kleiner als n. Ich will nun zeigen, daß *die Ungleichung* (14.) *nur dann bestehen kann, wenn* $m = n$ *ist.*

Es sei nämlich $m > n$, also $m \geqq n + 2$. Dann ist (vgl. § 3)

$$u > \frac{p_m}{p_{m+1}} \geqq \frac{p_{n+2}}{p_{n+3}}, \qquad v < \frac{p_n + p_{n+2}}{p_{n+1} + p_{n+3}}.$$

Aus (14.) und (15.) folgt daher

$$\frac{p_{n+2}}{p_{n+3}} < \gamma \frac{p_n + p_{n+2}}{p_{n+1} + p_{n+3}} + 2\gamma - 1.$$

Diese Ungleichung läßt sich, wie sich aus (5.) ergibt, in der Form

$$\gamma \cdot \frac{p_{n+3}}{p_{n+4}} > \frac{p_{n+1} + p_{n+3}}{p_{n+2} + p_{n+5}}$$

schreiben. Da ferner n gerade und also $\gamma < \frac{p_{n+5}}{p_{n+6}}$ ist, so folgt hieraus

$$p_{n+2}^2 p_{n+5} + p_{n+2} p_{n+5}^2 > p_{n+1} p_{n+4} p_{n+6} + p_{n+2} p_{n+4} p_{n+6}.$$

Nun ist aber nach Formel (8'.)

$$p_{n+2}^2 = 1 + p_{n+2} p_{n+4}, \qquad p_{n+5}^2 = 1 + p_{n+4} p_{n+6}.$$

Daher müßte

$$p_{n+2} + p_{n+5} + p_{n+2} p_{n+4} p_{n+5} > p_{n+1} p_{n+4} p_{n+6}$$

sein. Es ist aber, wie aus der Formel (8.) folgt,

$$p_{n+1} p_{n+6} - p_{n+2} p_{n+5} = p_4 = 3,$$

also müßte

$$p_{n+2} + p_{n+5} > 3 p_{n+4}$$

sein. Dies ist aber falsch, denn es ist

$$p_{n+2} + p_{n+5} = 2p_{n+2} + p_{n+4} = 2(p_{n+4} - p_{n+2}) + p_{n+4} < 3p_{n+4}.$$

Daher muß in der Tat $m = n$ sein.

Unsere Diskussion hat ergeben, daß, wenn K von den Reihen K_{-2}, K_0 und K_∞ verschieden ist, die von uns betrachtete Zahl $k_\nu = 3$ zwischen zwei Gruppen von gleichvielen Einsen stehen muß, wobei diese Anzahl gerade ist. Da dies für jede Drei in der Reihe K gilt, so muß K die Form

$$(K_n) \qquad \cdots 3 \overbrace{1\,1 \cdots 1}^{n} 3 \overbrace{1\,1 \cdots 1}^{n} 3 \cdots \qquad (n = 2, 4, 6, \cdots)$$

haben. In diesem Fall wird, wenn $k_0 = 3$ angenommen wird,

$$r_0 = 3 + s_0, \qquad s_0 = (0, 1, 1, \cdots, 1, 3 + s_0).$$

Wir erhalten

$$s_0 = \frac{p_{n-1} + p_n (3 + s_0)}{p_n + p_{n+1} (3 + s_0)} = \frac{p_n + p_{n+2} + s_0 p_n}{p_n + 3p_{n+1} + s_0 p_{n+1}},$$

also

$$p_{n+1} s_0^2 + 3p_{n+1} s_0 = p_n + p_{n+2}.$$

Die Diskriminante dieser Gleichung ist

$$9p_{n+1}^2 + 4p_{n+1}(p_n + p_{n+2}) = p_{n+1} p_{n+7}.$$

Auf Grund der Formeln des § 1 erhält man

$$\varphi_0 = \text{const.}\,(-p_n - p_{n+2},\, 3p_{n+1},\, p_{n+1}).$$

Die rechts (in den Klammern) stehende Form ist der Form

$$\psi_n = (p_{n+1},\, p_{n+1},\, -p_{n+4})$$

äquivalent.

Jedesmal, wenn $k_\nu = 3$ ist, wird

$$Q_\nu = 3 + u_\nu + v_\nu = r_\nu + s_\nu = \sqrt{\frac{p_{n+7}}{p_{n+1}}}.$$

Da aber nach Formel (7.)

$$p_{n+7} = p_7 p_{n+1} + p_6 p_n = 13 p_{n+1} + 8 p_n$$

ist und n eine gerade Zahl bedeutet, so ist

$$Q_\nu = \sqrt{13 + \frac{8 p_n}{p_{n+1}}} < \sqrt{13 + 8\gamma} = \sqrt{9 + 4\sqrt{5}} = 2 + \sqrt{5}.$$

Ist ferner $n > 2$, so kommt in der Reihe K_n keine Folge 3113 vor. Daher ist nach Hilfssatz III für $k_\nu = 1$

$$Q_\nu < 4 < \sqrt{13 + \frac{8 p_2}{p_3}} < \sqrt{13 + \frac{8 p_n}{p_{n+1}}}.$$

Hieraus folgt, daß bei der Klasse $\mathfrak{K}(\psi_n)$

$$\frac{\sqrt{D}}{B} = \sqrt{13 + \frac{8 p_n}{p_{n+1}}} \tag{16.}$$

ist. In dem ausgeschlossenen Falle $n = 2$ wird

$$\psi_2 = (2, 2, -8), \qquad D = 4.17.$$

In der zugehörigen Formenklasse ist gewiß der absolut kleinste unter den mittleren Koeffizienten gleich 2, also ist in Übereinstimmung mit (16.)

$$\frac{\sqrt{D}}{B} = \sqrt{17} = \sqrt{13 + \frac{8 p_2}{p_3}}.$$

In derselben Weise wie für $n > 2$ schließt man, daß bei der Klasse $\mathfrak{K}(\psi_\infty)$

$$\frac{\sqrt{D}}{B} = 2 + \sqrt{5}$$

wird.

Beachtet man noch, daß

$$\lim_{n=\infty} \sqrt{13 + \frac{8 p_n}{p_{n+1}}} = \sqrt{13 + 8\gamma} = 2 + \sqrt{5}$$

ist, so erkennt man, daß wir im vorhergehenden den Satz I in allen Teilen bewiesen haben.

Zu bemerken ist noch, daß auch bei ungeradem n die zur Klasse $\mathfrak{K}(\psi_n)$ gehörende Zahl B der Gleichung (16.) genügt. Die rechtsstehenden Werte konvergieren, wenn n die Zahlen $1, 3, 5, \cdots$ durchläuft, abnehmend gegen $2 + \sqrt{5}$. Daher häufen sich bei $2 + \sqrt{5}$ die Werte $\frac{\sqrt{D}}{B}$ sowohl von links als auch von rechts.

§ 5.

Ich wende mich nun zum Beweis des Satzes II.

Es sei

$$\mu(x, y) = ax^2 + bxy - cy^2$$

eine indefinite Minimalform von der Diskriminante $D = b^2 + 4ac$, d. h. es sei

$$0 \leqq b \leqq a \leqq c, \quad a > 0$$

und a die kleinste durch $|\mu|$ darstellbare Zahl. Die Form μ ist dadurch charakterisiert, daß für jedes ganzzahlige Wertepaar x, y aus $\mu(x, y) > 0$ die Ungleichung $\mu(x, y) \geqq a$ und aus $\mu(x, y) < 0$ die Ungleichung $-\mu(x, y) \geqq a$ folgt.

Ist nun

$$\mu(1, 1) = a + b - c$$

positiv, so wird $a + b - c \geqq a$, also $b \geqq c$. Dieser Fall tritt, da $c \geqq a \geqq b$ ist, nur dann ein, wenn μ die Form

$$\mu_1 = (a, a, -a)$$

ist. Bei dieser Form ist

$$\frac{\sqrt{D}}{b} = \sqrt{5}.$$

Ist μ von μ_1 verschieden, so muß $a + b - c > 0$, also $c - a - b \geqq a$, d. h.

$$(17.) \qquad c \geqq 2a + b$$

sein. Hieraus folgt

$$D = b^2 + 4ac \geqq b^2 + 8a^2 + 4ab \geqq 13b^2,$$

also

$$\frac{\sqrt{D}}{b} \geqq \sqrt{13}.$$

Das Gleichheitszeichen steht hier dann nur, wenn $c = a$, $c = 2a + b$ wird, d. h. wenn μ die Form

$$\mu_2 = (a, a, -3a)$$

ist.

Es sei also μ von μ_1 und μ_2 verschieden. Ist nun

$$\mu(4, 3) = 16a + 12b - 9c$$

positiv, so muß diese Zahl $\geqq a$ sein; dies liefert

$$15a + 12b \geqq 9c \geqq 9(2a + b),$$

also $b \geqq a$. Da aber $b \leqq a$ sein soll, so müßte $b = a$ und zugleich $c = 2a + b$ sein. Es würde sich also $\mu = \mu_2$ ergeben. Da wir diesen Fall ausgeschlossen haben, so muß $\mu(4, 3) < 0$, also $9c - 12b - 16a \geqq a$, d. h.

$$(18.) \qquad c \geqq \frac{17}{9}a + \frac{12}{9}b$$

sein. Hieraus folgt

$$D = b^2 + 4ac \geqq b^2 + 4a\left(\frac{17}{9}a + \frac{12}{9}b\right),$$

also, da $a \geqq b$ ist,

$$\frac{\sqrt{D}}{b} \geqq \sqrt{13 + \frac{8}{9}}.$$

Das Gleichheitszeichen könnte hier nur dann stehen, wenn $b = a$, $c = \frac{17}{9}a + \frac{12}{9}b$ ist. Dies führt auf die Form

$$\mu = \frac{a}{9}(9x^2 + 9xy - 29y^2).$$

Diese Form ist aber keine Minimalform, denn es ist

$$\mu(15, 11) = \frac{a}{9} < a.$$

Um nun für a, b, c eine Ungleichung abzuleiten, die noch präziser als die Ungleichung (18.) ist, hätte man zwei ganze Zahlen x, y zu bestimmen, für die man schließen könnte, daß aus $\mu(x, y) > 0$ in Verbindung mit der Ungleichung (18.) $b \geqq a$ folgt. Ich will jedoch die Betrachtung gleich allgemeiner durchführen.

Man setze

$$\alpha = 2 + \sqrt{3}, \qquad \alpha' = 2 - \sqrt{3} = \alpha^{-1}$$

und

$$x_n = \frac{\alpha^n - \alpha'^n}{\alpha - \alpha'}, \qquad y_n = x_n - x_{n-1}. \qquad (n = 0, 1, 2, \cdots)$$

Da α und α' der Gleichung $x^2 = 4x - 1$ genügen, so ist

$$x_n = 4x_{n-1} - x_{n-2}.$$

Die Zahlen x_n und y_n sind positive ganze Zahlen:

$$x_1 = 1, x_2 = 4, x_3 = 15, x_4 = 56, \cdots$$
$$y_1 = 1, y_2 = 3, y_3 = 11, y_4 = 41, \cdots.$$

Man beweist leicht die Formeln

$$y_{n+1} - x_n = x_n + y_n, \tag{19.}$$

$$x_{n+1}y_n - x_n y_{n+1} = x_n^2 - x_{n-1}x_{n+1} = 1. \tag{20.}$$

Offenbar ist

$$\lim_{n=\infty} \frac{x_n}{x_{n-1}} = \alpha,$$

und hieraus folgt

$$\lim_{n=\infty} \frac{x_n}{y_n} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} = \frac{1 + \sqrt{3}}{2}. \tag{21.}$$

Ich will nun zeigen, daß bei jeder Minimalform μ, die von μ_1 und μ_2 verschieden ist, $\mu(x_n, y_n) < 0$, also $-\mu(x_n, y_n) \geqq a$, d. h.

$$(22.) \qquad c \geqq a\,\frac{x_n^2+1}{y_n^2} + b\,\frac{x_n}{y_n}$$

sein muß. Für $n = 1$ und $n = 2$ stimmt diese Formel mit den Ungleichungen (17.) und (18.) überein. Es sei für einen Index $n \geqq 2$ schon bewiesen, daß (22.) gilt. Wäre nun $\mu(x_{n+1}, y_{n+1}) > 0$, so müßte $\mu(x_{n+1}, y_{n+1}) \geqq a$, also

$$a(x_{n+1}^2 - 1) + b x_{n+1} y_{n+1} \geqq c y_{n+1}^2 \geqq y_{n+1}^2\left(a\,\frac{x_n^2+1}{y_n^2} + b\,\frac{x_n}{y_n}\right)$$

sein. Diese Ungleichung läßt sich in der Form

$$b y_n y_{n+1}(x_{n+1} y_n - x_n y_{n+1}) \geqq a\left[y_{n+1}^2(x_n^2+1) - y_n^2(x_{n+1}^2 - 1)\right]$$

schreiben. Auf Grund der Formeln (19.) und (20.) ergibt sich, daß der Koeffizient von b gleich $y_n y_{n+1}$ und der von a gleich

$$\begin{aligned} y_{n+1}^2 + y_n^2 - y_{n+1} x_n - y_n x_{n+1} &= y_{n+1}(y_{n+1} - x_n) - y_n x_{n+1} + y_n^2 \\ &= y_{n+1}(y_n + x_n) - y_n x_{n+1} + y_n^2 = y_n y_{n+1} + y_n^2 - 1 \end{aligned}$$

ist. Dieser Ausdruck ist, da für $n \geqq 2$ stets $y_n > 1$ ist, größer als $y_n y_{n+1}$. Wir würden daher $b > a$ erhalten, was nicht richtig ist.

Läßt man in der nun bewiesenen Ungleichung (22.) n über alle Grenzen wachsen, so erhält man wegen (21.)

$$(23.) \qquad c \geqq \left(\frac{1+\sqrt{3}}{2}\right)^2 a + \frac{1+\sqrt{3}}{2}\,b,$$

also

$$c \geqq \frac{2+\sqrt{3}}{2}\,a + \frac{1+\sqrt{3}}{2}\,b.$$

Hieraus folgt

$$D = b^2 + 4ac \geqq b^2 + (4 + 2\sqrt{3})a^2 + (2 + 2\sqrt{3})ab \geqq (7 + 4\sqrt{3})b^2,$$

also

$$\frac{\sqrt{D}}{b} \geqq 2 + \sqrt{3}.$$

Das Gleichheitszeichen steht hier dann und nur dann, wenn $b = a$ und $2c = (2+\sqrt{3})\,a + (1+\sqrt{3})\,b$ wird, wenn also μ die Form

$$\mu_3 = a\left(1, 1, -\frac{3+2\sqrt{3}}{2}\right)$$

ist.

Die Ungleichung (23.) besagt offenbar, daß *bei jeder Minimalform* $\mu = (a, b, -c)$, *die von* μ_1 *und* μ_2 *verschieden ist, die positive Wurzel der Gleichung*

$$ax^2 + bx - c = 0$$

nicht kleiner als $\frac{1+\sqrt{3}}{2}$ *und die negative Wurzel nicht größer als* $-\frac{1+\sqrt{3}}{2}$ *sein kann.*

§ 6.

Der Satz II enthält noch weiter die Aussage, daß die Form μ_2 eine Minimalform ist, und daß für jede Zahl $g > 2 + \sqrt{3}$ eine Minimalform angegeben werden kann, bei der $\sqrt{D} < gb$ wird.

Dies erkennt man folgendermaßen. Die Form μ_2, bei der der Einfachheit wegen $a = 1$ angenommen werden darf, hat die Diskriminante $(2+\sqrt{3})^2$ und ist der reduzierten Form

$$\varphi_0 = \left(-\frac{2\sqrt{3}-1}{2}, 3, 1\right)$$

äquivalent. Die Wurzeln der Gleichung

$$z^2 + 3z - \frac{2\sqrt{3}-1}{2} = 0$$

sind $-\frac{5+\sqrt{3}}{2}$ und $\frac{\sqrt{3}-1}{2}$. In den Bezeichnungen des § 1 ist daher bei der Formenklasse $\mathfrak{K}(\mu_2)$

$$r_0 = \frac{5+\sqrt{3}}{2}, \quad s_0 = \frac{\sqrt{3}-1}{2}$$

zu setzen. Für s_0 gilt die Kettenbruchentwicklung

$$s_0 = (0, 2, 1, 2, 1, \cdots).$$

Da außerdem $r_0 = 3 + s_0$ ist, so gehört zu $\mathfrak{K}(\mu_2)$ die Nennerreihe

$$(K') \qquad \cdots 1, 2, 1, 2, 3, 2, 1, 2, 1, \cdots.$$

Man bezeichne diese Zahlen mit $k_\nu (\nu = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots)$, wobei $k_0 = 3$ sein soll; ferner definiere man die Zahlen r_ν und s_ν, wie in § 1, durch die Gleichungen

$$r_\nu = (k_\nu, k_{\nu+1}, k_{\nu+2}, \cdots), \quad s_\nu = (0, k_{\nu-1}, k_{\nu-2}, \cdots).$$

Um nun zu beweisen, daß 1 die kleinste durch $|\mu_2|$ darstellbare Zahl ist, haben wir nur zu zeigen, daß

$$r_0 + s_0 = 2 + \sqrt{3} = \alpha$$

die größte unter den Zahlen $r_\nu + s_\nu$ ist (vgl. § 1). Dies ist aber sehr leicht zu erkennen. Denn ist $k_\nu = 1$, so wird

$$r_\nu + s_\nu < 3 < \alpha.$$

Ist aber $k_\nu = 2$, so hat $r_\nu + s_\nu$ entweder die Form

$$2 + (0, 3, \cdots) + (0, 1, \cdots)$$

und ist kleiner als $3 + \frac{1}{3} < \alpha$, oder es ist $r_\nu + s_\nu$ von der Form

$$2 + \frac{1}{1+t} + \frac{1}{1+u},$$

wo t und u größer als $\frac{1}{3}$ sind. Eine solche Zahl ist aber kleiner als $2 + \frac{3}{2}$, also wieder kleiner als α.

Daß ferner zu jeder Zahl $g > 2 + \sqrt{3}$ eine Minimalform μ bestimmt werden kann, bei der $\sqrt{D} < gb$ ist, ergibt folgende Betrachtung. Man betrachte eine Formenklasse $\mathfrak{K}$, zu der eine von K' verschiedene Nennerreihe $K^{(n)}$ gehört, in der

$k_0 = 3, \; k_1 = 2, \; k_2 = 1, \; k_3 = 2, \; k_4 = 1, \ldots, \; k_{2n-1} = 2, \; k_{2n} = 1$

ist, und $k_{2n+1}, k_{2n+2}, \cdots$ irgendwie gleich 1 oder gleich 2 gewählt seien, aber so, daß nicht zwei aufeinanderfolgende Zahlen gleich eins sind. Außerdem soll $K^{(n)}$ in bezug auf k_0 symmetrisch, d. h. $k_{-1} = k_1$, $k_{-2} = k_2, \cdots$ sein. Bei einer solchen Reihe ist

$$r_0 = 3 + s_0, \quad s_0 = (0, 2, 1, \cdots),$$

also $s_0 > \frac{1}{3}$ und

$$r_0 + s_0 > 3 + \frac{2}{3}.$$

Ebenso wie bei der Reihe (K') schließt man, daß $r_0 + s_0$ die größte unter den Zahlen $r_\nu + s_\nu$ ist. Sind

$$\varphi_\nu = (-1)^{\nu-1} a_\nu x^2 + b_\nu xy + (-1)^\nu a_{\nu+1} y^2 \qquad (a_\nu > 0)$$

die zu $\mathfrak{K}$ gehörenden reduzierten Formen und setzt man $a_1 = 1$, so erhält φ_0 die Gestalt

$$\varphi_0 = (-a_0, 3, 1).$$

Diese Form ist der Form

$$\mu = (1, 1, -2 - a_0)$$

äquivalent. Aus den Formeln $\frac{\sqrt{D}}{a_{\nu+1}} = r_\nu + s_\nu$ ergibt sich, daß $a_1 = 1$ die kleinste unter den Zahlen a_ν, also zugleich die kleinste durch $|\mu|$ darstellbare Zahl ist. Daher ist μ eine Minimalform. Da hier $b = a = 1$ ist, so wird

$$\frac{\sqrt{D}}{b} = \sqrt{D} = r_0 + s_0.$$

Diese Zahl ist, da μ gewiß von μ_1, μ_2, μ_3 verschieden ist, nach dem früher Bewiesenen größer als $2+\sqrt{3}$. Nun stimmen aber die Kettenbrüche für r_0 und s_0 in den ersten $2n$ Teilnennern mit den entsprechenden Kettenbrüchen bei der Form μ_2 überein. Da bei μ_2 die Summe dieser Kettenbrüche gleich $2+\sqrt{3}$, so können wir N so groß wählen, daß für alle $n \geqq N$ die Zahl $r_0 + s_0$ in das Intervall $2+\sqrt{3} < x < g$ fällt.

Man kann nach diesem Prinzip sogar noch mehr zeigen. Es sei $K^{(n)}$ irgendeine Nennerreihe, wie wir sie vorhin beschrieben haben, Q die zugehörige Zahl $\frac{\sqrt{D}}{b}$. Ferner sei m eine positive ganze Zahl und $\overline{K}^{(n)}$ eine zweite Nennerreihe von derselben Art wie $K^{(n)}$, die in den Zahlen $k_1, k_2, \cdots, k_{2n+m}$ mit $K^{(n)}$ übereinstimmt. Zu $\overline{K}^{(n)}$ gehört wieder eine Minimalform, bei der $\frac{\sqrt{D}}{b}$ die Summe der zugehörigen Zahlen r_0 und s_0 ist. Da nun die Kettenbrüche für diese Zahlen in den ersten $2n+m$ Teilnennern mit den entsprechenden Kettenbrüchen bei der Reihe $K^{(n)}$ übereinstimmen, so können wir m so groß wählen, daß sich $r_0 + s_0$ beliebig wenig von der Zahl Q unterscheidet.

Betrachtet man also die Gesamtheit aller Minimalformen, so ist nicht allein $2+\sqrt{3}$ eine Häufungsstelle der Menge $\mathfrak{M}$ der zugehörigen Werte $\frac{\sqrt{D}}{b}$, sondern es liegen auch in jedem Intervall rechts von $2+\sqrt{3}$ unendlich viele andere Häufungsstellen von $\mathfrak{M}$, die selbst dieser Menge angehören.

In den zu den Nennerreihen $K^{(n)}$ gehörenden Minimalformen können, da diese Reihen nicht periodisch sind, nicht alle Koeffizienten rationale Zahlen sein. Will man Minimalformen mit rationalen Koeffizienten erhalten, bei denen $\frac{\sqrt{D}}{b}$ sich beliebig wenig von $2+\sqrt{3}$ unterscheidet, so betrachte man eine periodische Nennerreihe K mit einer Periode der Form

$$3\,\overbrace{2\,1\,2\,1\cdots 2\,1\,2}^{2n+1}\,q_1\,q_2\cdots q_m\,\overbrace{2\,1\,2\cdots 1\,2\,1\,2}^{2n+1},$$

in der jede der Zahlen $q_1, q_2, \cdots, q_m$ gleich 1 oder gleich 2 ist, aber nicht zwei aufeinanderfolgende Zahlen den Wert 1 haben; außerdem soll

$$q_1 = q_m, \quad q_2 = q_{m-1}, \cdots, \quad q_m = q_1$$

sein. Eine solche Reihe ist, wenn $k_0 = 3$ angenommen wird, in bezug auf k_0 symmetrisch, und man schließt ähnlich wie früher, daß auch hier $r_0 + s_0 = 3 + 2s_0$ die größte unter den Zahlen $r_\nu + s_\nu$ ist. Setzt man noch $a_1 = 1$, so wird wieder $\mu = (1, 1, -2-a_0)$ eine Minimal-

form, bei der $\frac{\sqrt{D}}{b}$ gleich $r_n + s_n$ ist. Ebenso wie bei den Reihen $K^{(n)}$ erkennt man, daß diese Zahl sich, wenn n groß genug gewählt wird, beliebig wenig von $2+\sqrt{3}$ unterscheidet.

Den einfachsten Fall erhält man, wenn man eine Periode der Form

$$3\,2\,1\,2\,1 \cdots 2\,1\,2$$

vorschreibt. Dieser Periode entspricht, wenn die Anzahl ihrer Glieder gleich $2n$ ist, die ganzzahlige Minimalform

$$\left(2x_n,\ 2x_n,\ -\frac{x_{n+2}-x_n}{2}\right),$$

wo x_n dieselbe Bedeutung wie in § 5 hat. Hierbei wird

$$\frac{\sqrt{D}}{b} = \sqrt{\frac{x_{n+2}}{x_n}}.$$

Diese Zahlen konvergieren mit wachsendem n beständig abnehmend gegen $2+\sqrt{3}$.

Über die Nahrungsaufnahme bei der Hefezelle.

Von Max Rubner.

(Vorgetragen am 9. Januar 1913 [s. oben S. 33].)

Die Resorption der Nahrung hat den fortwährenden Verlust im Stoff- und Kraftwechsel lebender Wesen durch neues Material zu ersetzen. Je größer die Konsumtion, umso lebhafter der Nachschub frischer Nahrungsstoffe. Die experimentelle Methodik hatte sich auf diesem Gebiete hauptsächlich mit der zeitlichen Verteilung der Resorption, mit der Vorbereitung des Nährmaterials durch die Verdauung und ähnlichem zu beschäftigen.

Große technische Schwierigkeiten stellen sich der Lösung der Fragen entgegen; wie bei allen Vorgängen des Körpers, bei denen viele Organe in bestimmten Rhythmen und gegenseitigen fein abgestuften Arbeitsschichten zusammenwirken müssen, ist es schwer, die Experimentierkunst so zu gestalten, daß gleichzeitig Störungen des normalen Verlaufs der Organarbeit vermieden werden. So läßt sich gerade auf dem Gebiete der Resorption eine abgerundete Vorstellung der Prozesse nicht durchweg an der Hand eines geschlossenen Untersuchungsmaterials, sondern eigentlich nur durch mehr oder minder glückliche Kombination unserer Erkenntnis von den Teilprozessen ermöglichen.

Im allgemeinen hält man die Darlegung der Resorption mit der Schilderung der Aufnahme der Nahrungsbestandteile in dem Blutstrom oder Lymphstrom für erledigt.

Bei dieser Umgrenzung kommt das Gebiet der eigentlichen Zellernährung und Nahrungsresorption durch die Zellen selbst zu kurz, denn der aus dem Blute austretende Gewebesaft stellt erst die Nahrung für die Zellen dar.

Während man die vielverschlungenen Wege, die zu einer Scheidung des Verdaulichen vom Unverdaulichen, zu einer Umwandlung der Nahrungsbestandteile unter Aufbau und Abbau von Produkten führen, annähernd kennt, ist man doch über die Verbindungen, die schließlich als Resorbiertes ins Blut gelangen und zur eigentlichen

Zellnahrung bestimmt sind, sehr differenter Meinung; von einer exakten quantitativen Messung kann zur Zeit nicht die Rede sein. Nur das eine ist sicher, daß die eigentlichen Nährwerte offenbar nur in sehr erheblicher Verdünnung vorhanden sind. Aus dem Blute bildet sich erst die Gewebeflüssigkeit vielleicht nochmals unter Veränderung der Zusammensetzung beim Durchgang durch die Kapillarwand, weil ja das im Blut kreisende Nährmaterial nicht allein für die Zellen im allgemeinen, sondern auch für bestimmte Zellgebiete und für die Nahrungsdepots bestimmt ist.

Die Organisation des Körpers ist so getroffen, daß das Blut Nahrungsüberschüsse zeitweilig beherbergt, aber zugleich durch Ablagerung von Glykogen, z. B. in der Leber, durch Fett in den Fettdepots eine gleichmäßige Zusammensetzung anstrebt.

Die Wanderung der Stoffe bis zur Zelle zu verfolgen, sie quantitativ zu messen und experimentell zu variieren, das gehört, bis heute wenigstens, zu den unlösbaren Aufgaben. Es ist auch kaum zu erwarten, daß sich in Bälde die entgegenstehenden Schwierigkeiten überwinden lassen.

Einige Aufklärung über die erfolgte Nahrungsresorption durch die Zellen erfährt man durch das Studium namentlich der gasförmigen Ausscheidungsprodukte, wobei aber unbekannt bleibt, wieviel von dem resorbierten Material als Depotstoffe abgelagert worden sind und welches die Konzentration der nährenden Stoffe im Gewebesaft war.

Bei dieser Sachlage einerseits und dem Bedürfnis nach einer genauen Erkenntnis der Aufnahme von Nahrung durch die Zellen anderseits müssen wir in Erwägung ziehen, ob es nicht möglich ist, auf vergleichend physiologischer Basis zu einem Resultat zu gelangen, das uns über die Bedingungen der Resorption im einzelnen näher unterrichtet.

Gerade in letzterer Hinsicht könnten uns einzellige Wesen die gewünschte Gelegenheit zur Aufklärung geben. Ihre Ernährungsweise ist zwar mannigfacher Art, neben solchen, welche geformte Nahrung aufnehmen, finden sich zahlreich Arten, welche nur gelöste Nahrungsstoffe aufnehmen. Wir dürfen als gewiß annehmen, daß auch unseren Körperzellen die Nahrung in gelöstem Zustande zugeführt wird; damit haben wir einen Fingerzeig, aus welchen Gruppen von Mikroorganismen wir das Material zu einem Vergleiche zu entnehmen haben.

Schimmelpilze, Hefen und Spaltpilze leben in dieser Ernährungsform. Sie bieten also bequeme Gelegenheit, die Fragen der Resorption zu untersuchen. Zu ihrer Ernährung genügt es, die Zellen in Nährlösungen zu bringen, vorausgesetzt, daß die Untersuchung der letzteren keine analytischen Schwierigkeiten bietet, um die Aufnahme der

Nahrungsstoffe verfolgen zu können. Die experimentellen Schwierigkeiten sind also hier, wenn nur die Hauptlinien einer Untersuchung in Betracht gezogen werden, wesentlich geringer als bei den Wirbeltieren.

Unter den Einzelligen sind es Spaltpilze und Hefen, welche wegen der Einfachheit der Zellform und ihrer Verteilungsfähigkeit in Nährflüssigkeiten besondere experimentelle Vorzüge beanspruchen können, und namentlich sind es die Bierhefe und verwandte Spezies, welche sich uns wegen der genaueren Aufklärung ihres Stoffwechsels als Versuchsobjekte empfehlen.

Nachdem ich schon früher in zwei Abhandlungen die Grundzüge des Stoff- und Kraftwechsels der Hefe, das Wachstum, die Rolle der Fermente usw. dargelegt habe, will ich aus meinem Versuchsmaterial über jene Tatsachen berichten, die uns ein Bild der Nahrungsresorption geben können. Ich habe schon früher auseinandergesetzt, daß die Alkoholgärung keine Fermentwirkung in dem bisher behaupteten Sinne ist. Zwar kommt ein kleiner Teil der Zuckerzersetzung auf Kosten eines vorgebildeten Ferments, der ganz überwiegende Teil der Zerlegung aber ist ein vitaler Vorgang, und der Zucker ist der Nahrungsstoff, aus welchem die Hefe ihre Energiebedürfnisse bestreitet. Das Eiweiß der Hefezelle und ihrer Nahrung ist keine Energiequelle. Von dem Eiweiß wird nur der Aufbau neuer Zellen bestritten oder ein Ersatz geliefert für kleine, mit dem Kraftwechsel und Leben unvermeidliche Zerstörungen der lebenden Substanz, ähnlich, wie wir letzteres auch bei höheren Organismen allgemein sehen.

Bei den Fragen der Resorption kann ich mich also bei der Hefe auf Eiweiß und Zucker als die wesentlichen organischen Nährstoffe beschränken, der Salzstoffwechsel bleibt vorläufig außer Betracht.

Zu Experimenten dieser Art eignet sich die Hefe auch deshalb, weil bei ihrem enormen Kraftwechsel für die Körpergewichtseinheit, die Aufspeicherung von Vorratsnahrung, also etwa des Glykogens, auf die Resultate keinen Einfluß übt, oder weil sich wenigstens die Versuche unschwer so anordnen lassen, daß diese Fehlerquelle, die bei den Säugern eine ganz hervorragende Bedeutung gewinnen würde, in genügendem Grade auszuschließen ist.

Wir können die resorbierenden Flächen sehen und genau messen. Unbekannt bleibt uns nur die genauere Natur dieser Zellhaut; über derartige Mängel unseres heutigen Wissens kommen wir auch bei den Organzellen der höheren Organisation nicht hinweg.

Die Größe der Resorption läßt sich auf zwei Wegen prüfen, entweder durch den Verlust der Nährlösung an Stoffen, unter Beachtung der Veränderung der Zusammensetzung der Zellen, oder durch den

Umsatz der resorbierten Stoffe. Zumeist bietet die Untersuchung des Stoffwechsels in der Form der Biokalorimetrie, wie ich sie zuerst für diese Aufgaben angewandt habe, den besten Weg, schon deshalb, weil sich thermisch die Stoffwechselländererungen so besonders schnell und für beliebig kurze Zeiträume verfolgen lassen.

Die Nahrungsresorption durch Zellen stellt man sich zumeist mangels einschlägiger Experimente etwa nach den Erfahrungen vor, die man sich aus den Kenntnissen über die Rolle des Nahrungsschlauches bezüglich der Aufnahme von Stoffen gebildet hat. Es ist eine häufig gemachte Annahme, daß die Resorption der Zelle wesentlich von der Konzentration der dargebotenen Nährflüssigkeit abhängig sei, wobei man also voraussetzt, daß auch die Lebensäußerungen bzw. der Stoff- und Kraftwechsel solcher Zellen von der Nahrungsmenge in erster Linie abhängig seien. Zu verdünnte Lösungen sollen, wie auch zu konzentrierte zu plasmolytischen Erscheinungen führen.

Derartige Annahmen schienen früher auch durch gelegentliche Beobachtungen an Mikroorganismen gestützt zu werden, man hat solches daher auch für die Hefe behauptet.

Die älteren Experimentatoren haben irgendeine Unterscheidung zwischen Wachstumsleben und wachstumslosem Stoff- und Kraftwechsel nicht gemacht und sind schon dadurch zu falschen Schlüssen gekommen. Ich habe dargetan, daß man die einzelligen Organismen sehr leicht unter solchen Bedingungen untersuchen kann, wie sie unserem Leben in ausgewachsenem Zustande entspricht. Da das Leben ohne Wachstum die einfacheren biologischen Bedingungen bietet, so habe ich auf dessen Untersuchung hauptsächlich mein Augenmerk gerichtet.

Bei der Hefe kann man die ersten und wichtigsten Fragen, ob verschiedene Konzentrationen auch eine Verschiedenheit der Resorption und Konsumtion des Nährmaterials herbeiführen, leicht entscheiden. Man hat dazu nur nötig, mit bestimmten Mengen Hefe die Gärung in verschiedenen Zuckerkonzentrationen einzuleiten.

Man sieht dann, daß die Gärungsintensität (von kleinen Mengen Zucker, der als Glykogen aufgespeichert wurde, und auf das Resultat keinen Einfluß übt, abgesehen) in weiten Grenzen von den Konzentrationen des Zuckers absolut unabhängig ist. Zu konzentrierte und zu verdünnte Lösungen zeigen Abweichungen von dieser Gleichmäßigkeit, weil in ersteren plasmolytische Erscheinungen die Zelle in ihrer Arbeit hemmen und in letzteren ein bald auftretender Nahrungsmangel die Zelleistung unmöglich macht. Unter den Bedingungen meiner Experimente waren Schwankungen der Konzentration des Zuckers von etwas über 2.5 Prozent bis 20 Prozent für die Resorptionsgröße völlig gleichgültig.

Die Hefezelle läßt bei diesen großen Schwankungen der Zuckerkonzentrationen die Nahrung stets in gleicher Menge in die Zelle treten und verarbeitet, unbekümmert um die Zuckerschwankungen, das Nährmaterial in gleichbleibender Weise. Die Grenze, 2.5 Prozent als untere, hängt nicht mit dem Unvermögen der Zelle zusammen, so kleine Zuckermengen zu resorbieren, sondern ist nur bedingt durch meine Versuchsanordnung, die ein gewißes Massenverhältnis innezuhalten hatte, um die technischen Schwierigkeiten der Experimente zu überwinden.

Innerhalb der Grenzen normalen Lebens geht also stets nur so viel Zucker in die Zelle, als gerade für die Lebensleistungen erfordert wird. Die lebende Substanz zeigt durch diese Erscheinung, die man am besten Selbstregulation nennt, daß sie es ist, und nicht etwa rein physikalische Verhältnisse, welche den Nahrungsstrom reguliert.

Diese quantitativen Messungen an der Hefezelle unter den Bedingungen ihres normalen Lebens bestätigen die Vorstellungen, die man sich auf anderen Wegen von der Rolle der Plasmahaut gemacht hat. Sie zeigen gerade für die eigentliche Zellnahrung keine physikalische, sondern rein physiologische Permeabilität.

Auf ähnliche oder ganz übereinstimmende Eigenschaften der Organzellwände müssen wir auch bei den höheren Tieren schließen, denn auch diese zeigen, wie ich zuerst dargetan habe, ausgeprägtest die Selbstregulation. Die Gesamtheit ihrer Zellen ordnet die Nahrungsaufnahme nach ganz bestimmten Bedürfnissen, nicht die Menge der jeweilig vorhandenen Nährstoffe ändert den Kraftwechsel, sondern die Zellen entnehmen aus einem überschüssigen Vorrat nur so viel, als sie funktionell beanspruchen sollen.

Die Resorption durch die Organzellen ist ein von der Resorption durch die Zellen des Verdauungstraktes ganz verschiedener Vorgang. Die Darmresorption steigt bis zur bestimmten Maximalgrenze mit der Menge der eingeführten Stoffe. Die Zellen des Resorptionsgebietes werden gewiß auch die allgemeine Eigenschaft der Selbstregulation des Nahrungsbedarfs besitzen, die Überschüsse an Nährstoffen lassen sie aber ungehindert durch sich hindurch nach Blut und Lymphe treten.

Plasmolytische Erscheinungen lassen sich bei der Hefe leicht durch Kochsalz einleiten. In konzentrierter Kochsalzlösung erscheinen die Hefen kleiner, doppelt konturiert, die Vakuolen verschwinden, und das Protoplasma zieht sich von der Zellwand zurück und wird dunkler. Ähnliche Erscheinungen, nur in abgeschwächter Form, sieht man etwa bis 4 Prozent Kochsalzlösung herab. Wie die chemische Untersuchung lehrt, nimmt mit steigender Kochkonzentration der Wassergehalt der Hefe ab. Auch das Gärvermögen verringert sich, aber 2—4 Prozent Kochsalzzusatz machten keine merkliche Veränderung, erst da, wo

sich auch im mikroskopischen Bilde Veränderungen sichtbarer Natur ergeben, fällt das Gärvermögen und ist bei 12 Prozent Kochsalz so gut wie aufgehoben.

Geringe Veränderungen des Wassergehaltes der lebenden Substanz genügen auch bei diesen Einzelligen, ihre Lebenseigenschaft schädlich zu beeinflussen. Die plasmolytischen Versuche zeigen auch, wie die lebende Substanz die Regulation des Nahrungsstromes durch die Zellwand beeinflußt.

Wie vermag sich aber wohl die lebende Substanz ohne Zellhülle verhalten? Wird dann etwa Zucker in überreichem Maße vergoren? Wenn man auch der heute noch vielfach akzeptierten Fermenttheorie folgen wollte, wäre das Resultat zu erwarten, daß sich die freigemachten Fermente ohne weiteres auf den Zucker stürzen.

Zerreibt man die Hefe, wie dies zur Herstellung des Preßsaftes vielfach ausgeübt wird, und untersucht diesen Brei auf sein Gärungsvermögen, so ist dieses nicht etwa größer als das der unversehrten Hefezelle, sondern viel kleiner und hält sich viele Stunden hindurch auf gleicher Höhe. Untersucht man mikroskopisch, so sieht man, daß keineswegs alle Hefezellen zertrümmert sind. Die normalen Hefezellen vertragen, wie ich gefunden habe, recht erhebliche Mengen von Gerbsäure ohne Veränderung des Gärungsvermögens. Die zerriebenen Hefezellen, deren freies Eiweiß in der Lösung enthalten ist, lassen sich leicht durch eine der normalen Zelle unschädliche Gerbsäurekonzentration fällen. Trotzdem sinkt das Gärvermögen der zerriebenen, mit Gerbsäure versetzten Hefe nicht weiter als sonst, ein Beweis, daß das zerriebene Protoplasma tot ist. Das zerriebene Protoplasma ist aber ein gutes Nährmaterial, deshalb fangen in der Regel die übriggebliebenen normalen Hefezellen an, bei diesen Experimenten noch zu wachsen, wovon man sich durch Kultur auf Würzagar überzeugen kann.

Die durch die Zellwand getretenen Nahrungsmengen hängen also nur von dem normalen Zustand der lebenden Substanz ab. Veränderungen des Wassergehaltes, andere Ordnung der Teile wie beim Zerreiben genügen, um alle Lebensfunktionen zu mindern oder aufzuheben.

Die Resorption der Hefezelle wird nicht nur von der physiologischen Permeabilität, sondern auch, wie es scheint, durch weitere Besonderheiten der Zellwand beeinflußt.

Die Resorption des Zuckers wird durch einen besonderen Umstand erleichtert. Ich habe gefunden, daß die lebende oder durch Toluol getötete Hefe außerordentlich rasch auch ohne Gärung einer Lösung von Zucker letzteren entzieht. Wenn man Hefe auch nur 5 Minuten mit 20 Prozent Traubenzucker zusammenbringt, kann man in der

Lösung eine Abnahme von Zucker nachweisen. Nach längerem Liegen in Zucker — über 2 Stunden — war keine weitere Aufnahme von Zucker zu finden. Bei 100° getötete Hefe nahm keinen Zucker auf. Versuche bei 2° mit lebender Hefe ergaben Aufnahme von Zucker. Es ist naheliegend, diesen Prozeß als Adsorption aufzufassen. Aus einer 2.5-, 5-, 10prozentigen Lösung wird schon durch die verdünnteste relativ viel Zucker aufgenommen, ohne daß die Zunahme bei 5 und 10 Prozent Zucker merklich höhere Beträge erreicht.

Die Menge des adsorbierten Zuckers ist bei 20 Prozent nicht sehr bedeutend, würde aber immerhin ausreichen, um für etwa eine halbe Stunde Nahrung für die Gärung zu liefern; unter natürlichen Verhältnissen wird sich der von der Hefe verzehrte Zucker durch Adsorption aufs neue zu ergänzen suchen.

Man kann vermuten, daß durch Adsorption von Zucker etwas Wärme frei wird. Da der Traubenzucker bei der Lösung Wärme bindet, so ist vorauszusetzen, daß bei der Adsorption von Zucker, wenn er dabei im festen Zustande von der Zellwand gebunden sein sollte, etwas Wärme geliefert wird. Die darauf gerichteten Experimente gaben aber ein sehr auffallendes Resultat. Durch Toluol getötete Hefe zeigte sehr oft in der ersten Zeit der Einwirkung von Zucker eine Wärmebindung. Diese hielt sich stets nur über einige Stunden, sie war gering, aber durch zahlreiche Wiederholungen der Versuche konnte über die Tatsache kein Zweifel sein. Die Lösung dieser auffälligen Erscheinung ergab sich aus folgendem. Es ist bekannt, daß die Hefezellen mitunter reichlich Glykogen enthalten. Errera hat zuerst eingehend auf letzteres als Zellbestandteil hingewiesen (Compt. rend. 101 S. 353. 1). F. W. Pavy und H. W. Bywaters (Journ. of Physiol. XXXVI, 149, 1907) geben an, daß Handelshefe 5 Prozent der frischen Substanz an Glykogen einschließen, und in 2—3 Stunden je nach der Konzentration auf das 2—3fache an Glykogen zunehmen kann.

Ist diese Glykogenbildung aber nur an die lebende Zelle gebunden? Ich habe schon vor Jahren berichtet (Arch. f. Hyg. 1904 l. c. 421), daß toluolisierte Hefe nach Einlegen in Zucker eine starke Zunahme der Verbrennungswärme erfährt, die nur auf eine Bildung von Glykogen zurückgeführt werden kann. Neuerdings habe ich Versuche ausgeführt und Hefe bei 1° Temperatur mit Zucker (also bei behinderter Gärung) belassen und quantitativ die Glykogenanlagerung bestimmt; sonach kann kein Zweifel über die fermentative Natur der Glykogenbildung sein. Damit steht im Einklang, daß Cremer für den Preßsaft bei Mischung mit Zucker die Mehrung der Glykogenreaktion gefunden hat.

Aus thermochemischen Tatsachen läßt sich ableiten, daß die Glykogenbildung unter Wärmebindung erfolgt, und diese ist von solcher

Größenordnung wie die thermische Veränderung, die ich bei Mischung von toluolisierter Hefe und Traubenzucker gefunden hatte. Es dürfte diese Beobachtung die erste sein, bei der die synthetisierende Wirkung eines Ferments direkt thermisch nachzuweisen war.

Der Nachweis der Glykogenbildung schließt die Möglichkeit der Adsorption von Zucker nicht aus, da sich ja erstere erst sehr allmählich geltend macht, während letztere in wenigen Minuten nach dem Einlegen der Hefezelle in Zucker schon nachweisbar ist.

Die N-haltigen Nahrungsstoffe haben für die nicht wachsende Hefe quantitativ nur eine beschränkte Bedeutung. Welcher Natur die N-haltige Hefenahrung ist, läßt sich nicht genau sagen. Die üblichen angewandten Nährmedien enthalten stets ein Gemenge von N-Verbindungen, aus denen die Hefe wenigstens beim Wachstum — nur einen oft sehr geringen Teil verwenden kann. Hefeextrakte oder Bierwürze können als Beispiele von Nährböden angesehen werden mit gut utilisierbaren N-Verbindungen.

Von Pepton, das meist auch als guter Nährboden gilt, wird in der Regel nur 3—6 Prozent des N-Gehaltes verwendet, der Rest 94 bis 97 Prozent besteht aus Verbindungen, für welche die Hefe keine Verwendung hat.

Die Resorption wird auch bei der N-Nahrung — untersucht habe ich in dieser Hinsicht Pepton — durch eine Adsorption unterstützt, diese letztere zeigt auch die toluolisierte Hefe. Ob dabei Wärmetönungen verlaufen, kann ich aus den Ergebnissen direkter Messungen nicht mit Bestimmtheit sagen. Legt man Hefe in Peptonlösung, so ist niemals Wärmebindung zu beobachten wie bei Traubenzucker. Neben Fällen ohne meßbare Wärmeveränderung habe ich auch solche mit geringer positiver Wärmetönung beobachtet, solche Experimente sind aber nicht eindeutig. Mit steigender Konzentration der Peptonlösung erreicht die N-Aufspeicherung durch die Hefezellen bald ein Maximum, das nicht weiter überschritten wird. Die adsorbierten N-Mengen sind relativ groß, wenn man den geringen N-Bedarf der nicht wachsenden Hefe betrachtet, relativ klein, wenn man das N-Bedürfnis der wachsenden Zelle in Betracht zieht.

Gärt die Hefe ohne zu wachsen, so lagert sie nicht unerheblich N-Verbindung als Zellbestandteile ab, welche bei späterem N-Mangel als Nährstoff Verwendung finden können. Ein Teil dieses N ist offenbar als Zelleiweiß zur Ablagerung gekommen.

Die Leistungen der Resorption für die N-haltigen Nährstoffe kann man nur richtig würdigen, wenn die Hefezelle wächst, nur dann tritt reichlich N-Nährmaterial durch die Zellwand ein. Die maximalste Leistung läßt sich finden, wenn man die günstigste Generationsdauer

bestimmt. Darunter versteht man die Zeit, welche notwendig ist, um aus einer Zelle zwei zu bilden. Sie kann mikroskopisch bestimmt werden durch direkte Beobachtung der Teilungszeit einer Zelle, man muß aber dabei mit dem Fehler rechnen, daß die jungen Zellen noch nicht die gleiche Zusammensetzung oder Größe besitzen, wie sie eine vollentwickelte Zelle hat; ich habe daher meist die Generationsdauer gemessen nach Maßgabe der Verdoppelung des N-Gehaltes der Zellaussaat. Die Generationsdauer hat nur dann ein Maximum, wenn bei ausreichendem N-Gehalt der Lösungen keine nennenswerte Ansammlung von Gärprodukten eingetreten ist. Doch glaube ich nachweisen zu können, daß kleine Mengen Alkohol das Wachstum beschleunigen. Bekannt ist, daß aber größere Alkoholmengen das letztere schnell hemmen, wie überhaupt die Alkoholansammlung in Hefekulturen das Wachstum rascher hemmt wie die Gärung. Wie ich schon in einer früheren Mitteilung berichtet habe, ist für das Wachstum nicht die absolute Konzentration einer Lösung an N-haltigen Nährstoffen maßgebend. Auch hier reguliert also die lebende Substanz unabhängig von etwaigen Nährstoffüberschüssen den Eintritt des N-Materials in die Zelle nach ihrem eigenen Bedarf. Die genannten adsorbierenden Vorgänge sind von großer Bedeutung für die Resorption von Zucker und Eiweiß, weil dadurch die Aufnahme der Nährstoffe bei größerem oder geringerem Wassergehalt der Lösung gleich günstig wird.

Auch wenn die Hefe wächst, bestimmt die Masse des Protoplasmas und nicht die relative Oberfläche den Durchtritt des Nährmaterials durch die Zellwand.

Die Größe der Resorption ist ganz und gar mit der Intensität der Lebensvorgänge verbunden, so nimmt sie mit den Schwankungen der Temperatur zu und ab. Durch Zusatz von Alkohol oder Kochsalz zur Hefe wird das Protoplasma derselben benachteiligt, es wird weniger leistungsfähig und im selben Maße sinkt auch der Durchtritt des Zuckers durch die Zellwand. Beseitigt man die schädigenden Stoffe, so tritt die frühere Leistungsfähigkeit wieder ein.

Die Hefe gehört nach meinen Bestimmungen zu jenen Organismen, welche die höchsten bisher bekannten Energieumsätze für die Einheit der Masse besitzen. Der Energieverbrauch wird kaum von einigen Bakterienspezies übertroffen. Er ist 157mal so groß wie jener des Pferdes, 58mal so groß wie jener des Menschen und 3mal so groß wie jener einer neugeborenen Maus, die den größten Energiewechsel unter den Warmblütern besitzt.

Bei der Hefezelle haben wir den großen Vorteil, daß wir uns auch über die Größe der Flächen, durch welche die Resorption der Nahrung erfolgt, ein genaues Bild machen können. Schon im Jahre

1879 hat Nägeli (Theorie von Gärung, S. 38) einige Betrachtungen über den Durchtritt von Zucker und Alkohol durch die Hefezellwand angestellt und die Ergebnisse mit osmotischen Versuchen an anderen Membranen verglichen, er kam zu dem Schluß, daß noch nicht $^1/_{300}$ des Zuckers und nicht $^1/_{1000}$ des Alkohols durch die Hefezellwand gehen, welche bei rein osmotischen Experimenten durch dieselbe Fläche einer 200 mal so dicken Pergamentpapiermembran wandern. Nägelis Versuche hatten das Ziel, seine besondere Gärtheorie zu diskutieren, die hier nicht weiter interessiert; da er außerdem über genaue Bestimmungen der Gärleistung der Hefezelle damals nicht verfügte, haben seine zahlenmäßigen Angaben heute wenig mehr Bedeutung.

Nägeli (a. a. O. S. 35) hat die Oberfläche der Hefezelle zu 300 Quadratmikren (0.00003 qmm) und deren Inhalt zu 500 Kubikmikren (0.000005 cbmm) angegeben, was wohl im allgemeinen etwas zu hoch ausgefallen sein dürfte, weil auch kleinere Zellen nicht so selten sind, als hierbei vorausgesetzt wird; allein es genügt der Wert Nägelis für die folgenden Betrachtungen.

Obige Zahlenangaben entsprechen auf 1 Kubikmikron 0.6 Quadratmikren, was auf 1 kg gerechnet rund 600 qm Oberfläche ausmacht.

Versuchen wir nun die absolute Größe der Resorption durch die Flächeneinheit unter verschiedenen Umständen in Rechnung zu stellen.

Da uns Stoff- und Kraftwechsel bei der Hefe sowohl für Wachstum wie für den Zuckerverbrauch im Erhaltungsstoffwechsel bekannt sind, so läßt sich die Leistung der Hefezellwand für die Resorption genau angeben.

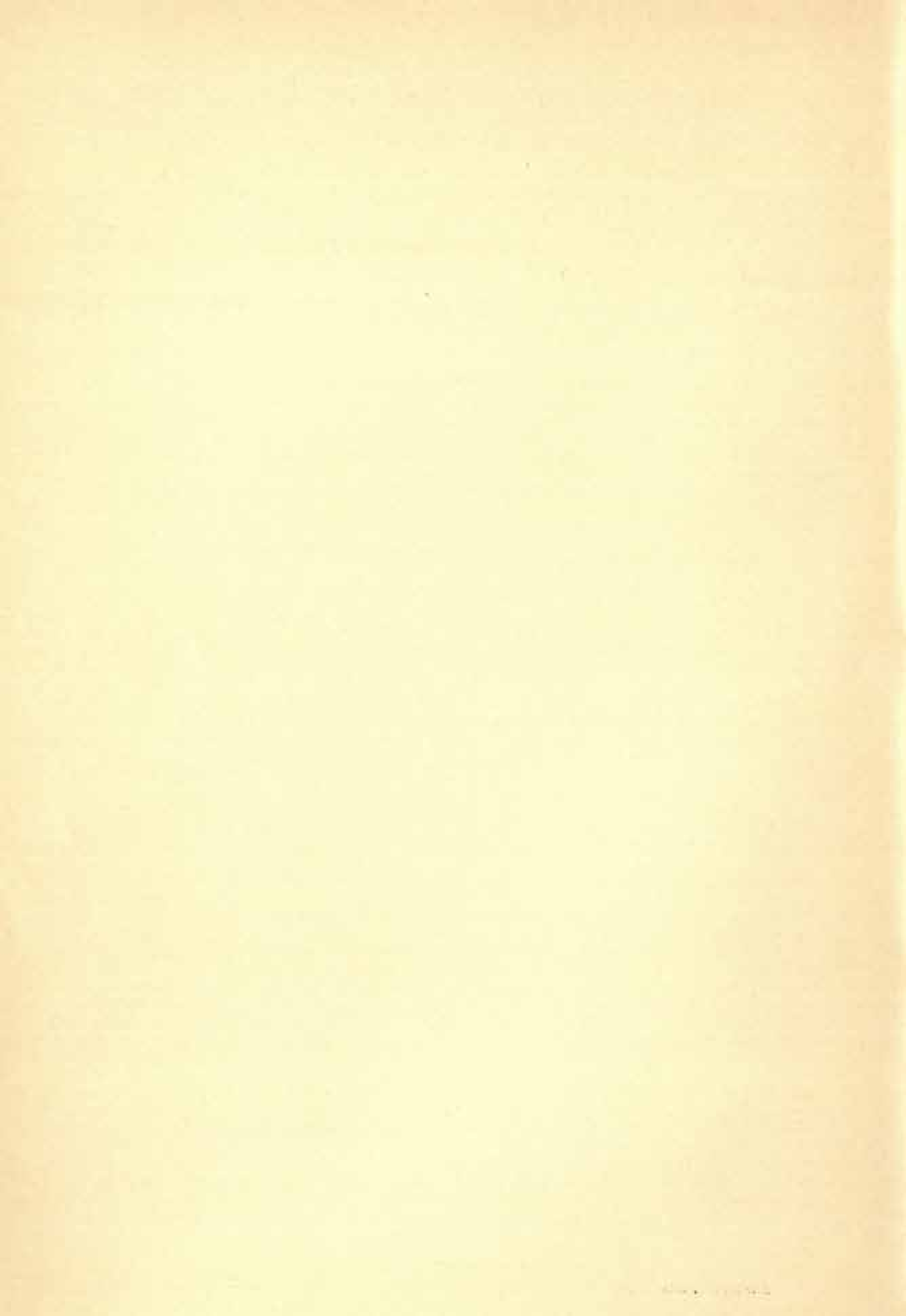
Es treffen auf 1 qm Oberfläche in 24 Stunden

	bei 30°	bei 38°
Eiweißaufnahme	0.65 g	0.948 g
Zuckerumsatz	5.59 »	8.38 »

Die ungeheure Oberfläche bedingt es, daß die Flüssigkeitsschichten, welche die Zellen benetzen, um ihr die Nahrung zuzuführen, ungeheuer klein sind. In einer 1 prozentigen Zuckerlösung enthält eine Flüssigkeitsschicht von 0.056 mm Höhe so viel Nahrung als die Hefe in 24 Stunden verbrauchen kann; in einer 20 prozentigen Lösung genügt eine 0.003 mm dicke Schicht für die Nahrungszufuhr.

Die Begünstigung der Resorption durch Adsorption zum Zucker und Eiweiß wurde schon erwähnt. Die Adsorption macht für den Zucker 0.09 g pro 1 qm bei 30° aus, das wäre die nötige Nahrung für 24 Minuten. Die Oberflächenentwicklung ist also sehr bedeutend, wird aber um ein Vielfaches von den Bakterien, namentlich in ihren kleinsten Formen, übertroffen.

Ausgegeben am 20. Februar.



1913.

IX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

13. Februar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

*1. Hr. Hirschfeld las: »Zur Geschichte der römischen Kaiserzeit in den ersten drei Jahrhunderten«.

Es wird versucht, die Ursachen und Anzeichen der Auflösung des römischen Kaiserreiches darzulegen.

2. Hr. F. W. K. Müller legte eine »Über die Herkunft des Codex Cumanicus« betitelte Mitteilung des Prof. Dr. Bang zu Löwen vor.

Es wird darin der Nachweis erbracht, dass wenigstens der erste, italienische Teil des Codex Cumanicus nicht in Ungarn, sondern im Süden Russlands, und zwar von Franciscanern in dem Kloster S. Joannes bei Saray zusammengestellt worden ist.

Über die Herkunft des Codex Cumanicus.

Von Prof. Dr. W. Bang
in Löwen (Belgien).

(Vorgelegt von Hrn. F. W. K. Müller.)

Im Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, Classe des Lettres, 1911, S. 32ff., glaube ich nachgewiesen zu haben, daß sowohl der erste, italienische, als auch der zweite, deutsche, Teil des Codex Cumanicus nicht in Ungarn, sondern im Süden Rußlands, und zwar von Franziskanern, zusammengestellt worden ist.

Der Dedicatio »ad honorem dei et **Beati Johannis Evangelistae**« (ed. Kuun, S. 1), mit welcher der italienische Teil beginnt, stand ich damals noch ziemlich ratlos gegenüber, obwohl ja so viel ohne weiteres klar war, daß uns der Evangelist hier als Ordensheiliger oder dergleichen entgegentritt (vgl. Bulletin, a. a. O. und Anm. 1).

In eine ganz neue Beleuchtung wird die Frage durch einen Auszug gerückt, den Wadding in den Annales Minorum VI, S. 227, aus einem um 1314 datierenden Manuskripte der Vaticana mitteilt.

Es heißt dort unter der Rubrik »Numerus Provinciarum et Custodiarum Ordinis Minorum«:

> »XII. Vicariatus Tartariae Aquilonaris habet loca (d. h. Klöster) septemdecim, Cafa, ubi sunt duo loca: Majeria, ubi alia duo: Sardaya, similiter[;] Cata, Baraton, Marum castrum, Vicena, Cimbulum, Tana, Saray, Ugalet, Beler, **sanctus Joannes**.«

Zur Kritik dieser Liste ist zunächst zu bemerken, daß sie statt der versprochenen 17 Klöster, deren nur 16 aufführt. Man wäre geneigt, an Ausfall eines Namens zu denken, wenn nicht in einem dem eben angeführten nahe verwandten Vaticanus, den Wadding zum Jahre 1400 (a. a. O. IX, S. 233/234) auszieht, Maurum und Castrum als **zwei** »loca« erschienen. Dieser Fehler muß also schon der Vorlage zur Last fallen, die jedenfalls auch S. Joannes hinter Saray und Ugelz aufführte, wenn auch Beler und S. Joannes in dem Verzeichnis zum Jahre 1400 (bei Wadding, a. a. O. IX, S. 234) an eine falsche Stelle geraten sind.

Bis auf Cata, Baraton und Vicena macht die geographische Identifizierung der in unserer Liste genannten Örtlichkeiten keine Schwierigkeiten[1]; für Baraton erscheint im Jahre 1400 Barasou, für Vicena dieselbe Form, mit der ich nichts anzufangen weiß. Hinter Barasou wird sich Karasou oder Carasou = Qara-su[-bazar][2] auf der Krim verstecken, über dessen Gründung oder Umtaufung ins Türkische mir nichts bekannt ist.

An Stelle von Cata liest 1400: Slcata; dies ist wahrscheinlich einmal von einem Italiener Ilcata gelesen und Il als angeblicher Artikel gestrichen worden — Slcata ist aber zweifellos in Solcata zu emendieren = Solqat oder Eski-krym, die einstige Hauptstadt der Krim, die für eine Niederlassung der Franziskaner doch wohl mit an erster Stelle in Betracht kam, und von der wir durch Ibn Baṭūtā wissen, daß im 14. Jahrhundert in ihrer Umgebung eine Missionsniederlassung tatsächlich bestand (Journ. as. Juill. 1850, S. 58).

Über die genauere Lage des Klosters S. Joannes sind wir leider nicht unterrichtet; aus Wadding, VII, S. 160 wissen wir nur, daß der Conventus Sancti Joannis »tribus a Saray civitate milliaribus disjunctus« war, wobei es — allerdings doch wohl nur in der grauen Theorie! — noch unentschieden bleiben muß, welches der beiden am Unterlauf der Wolga zu suchenden Saray gemeint ist. Der ganze Tenor der dramatischen Erzählung vom Märtyrertode des Bruders Stephan von Peterwardein weist jedoch entschieden auf die Hauptstadt Saray.

Wie dem aber auch sei, in **diesem** Kloster S. Joannes wurde am 11. Juli 1303 der italienische Teil des Codex Cumanicus begonnen.

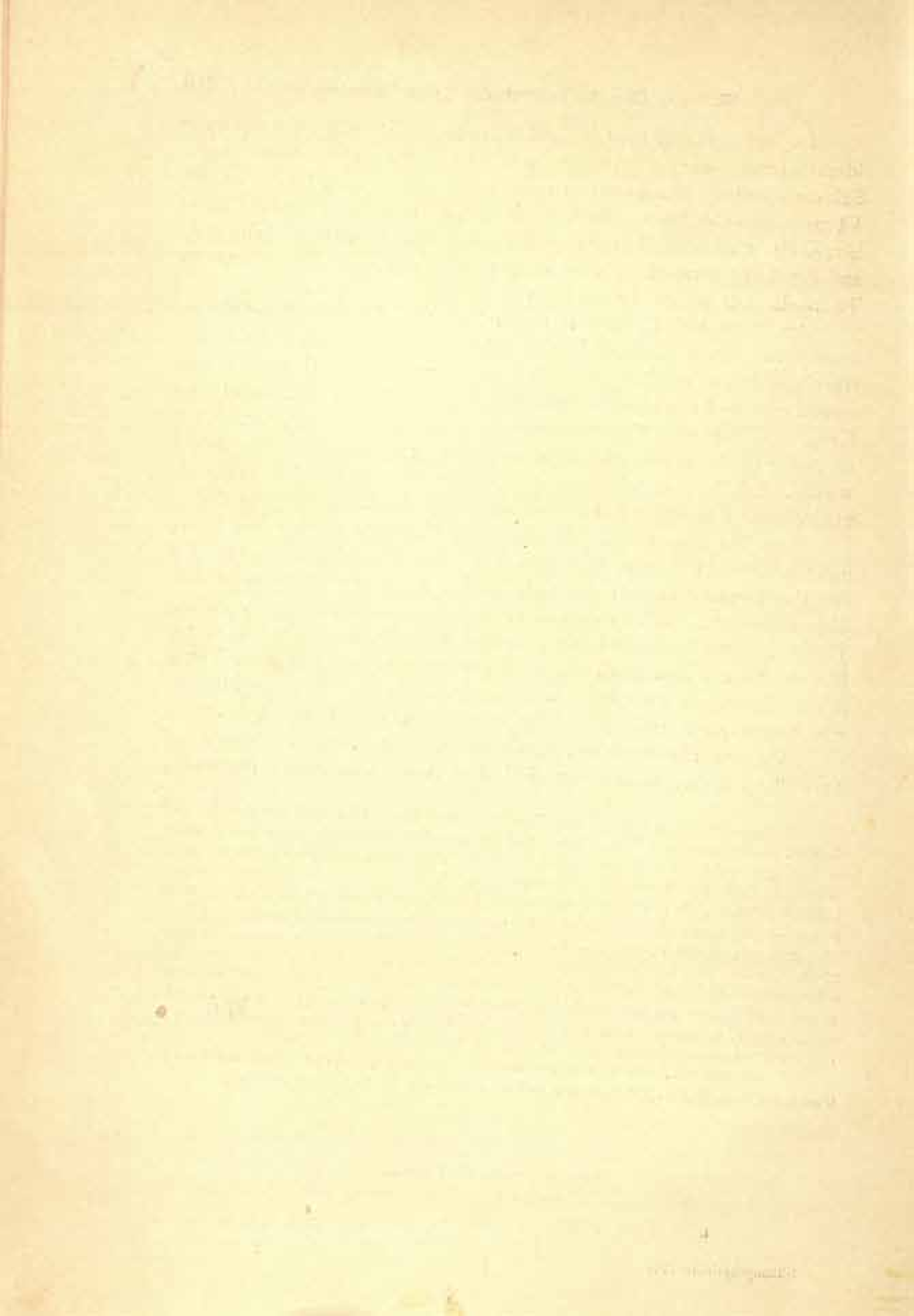
---

[1] Vgl. die ersten Kapitel von Yule-Cordier, Marco Polo und die zugehörigen Karten, sowie besonders Yule, Cathay and the way thither, S. 233—234; von Hammer in den Jahrbüchern der Literatur, Bd. 65, Wien 1834 (dem Brüsseler Exemplar fehlt leider die Karte); zu Sardaya (1400: Sodaya) Tomaschek in den Wiener Sitzungsberichten, Bd. 87, 1877, S. 75; Miklosich in den Wiener Denkschriften, Bd. 19, 1870, S. 247—248; Heyd, Geschichte des Levantehandels, I, 330ff., II, 366ff. und jetzt Marquart in Keleti Szemle XI, S. 13ff.; diese Arbeit ist Karl Dieterich, Byzantinische Quellen zur Länder- und Völkerkunde, II, 160 (= Stübes Quellen und Forschungen zur Erd- und Kulturkunde, 1912) entgangen, der als Byzantinist zu ΜΟΥΡΖΟΫΛΙΝ = ΒΕΡΖΙΤΙΚΟΝ auf neugriechisch ΜΕΡΣΙΝΙ »Stör« (vgl. auch Radloff, W. B. IV, 2098, 2222 s. v. *märsin, mürsin*) hätte verweisen können. Zur Form Beler (Bulgar) vgl. die Zusammenstellungen bei Šišmanov in Keleti Szemle IV, 350.

[2] Bruun-Remy, Die Goten am Pontus, Odessa 1879, S. 44; Tomaschek, Die Goten auf Taurien, S. 37; Köppens Krimskii Sbornik ist mir nicht zugängig.

Ausgegeben am 20. Februar.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



1913.
X.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

20. Februar. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Liebisch las über die optischen Eigenschaften der durch die Absorption von α-Strahlen erzeugten pleochroitischen Höfe. (Ersch. später.)

Durch die Absorption der von Einschlüssen radioactiver Mineralien ausgesandten α-Strahlen wird in Turmalin, Biotit und Cordierit eine Änderung der Absorption des Lichtes hervorgerufen, die mit Hülfe eines Mikrophotometers gemessen und mit der gleichzeitig erzeugten Änderung der Doppelbrechung verglichen wurde.

2. Die Akademie genehmigte die Aufnahme einer von Hrn. Diels in der Sitzung der philosophisch-historischen Classe vom 13. Februar vorgelegten Arbeit des Hrn. Dr. J. Heeg in München »Pseudodemokritische Studien« in die Abhandlungen des Jahres 1913.

Die von Renzi, Coll. Sal. IV, S. 290 f. als Fragmente des III. Buchs der Practica des Petrocellus (S. XI) veröffentlichten medicinischen Excerpte gehören in Wirklichkeit nicht diesem Salernitaner, sondern zu einem medicinischen Pseudodemocriteum, das durch eine Reichenauer, zwei Münchner und eine Pariser Hs. erhalten ist. Dieser Text ist eine »altlateinische« Bearbeitung einer hauptsächlich mit Benutzung der Synopsis des Oribasius, daneben Galen's und einer nicht näher festzustellenden Mittelquelle am Ausgang des Alterthums abgefassten griechischen Vorlage, aus der anscheinend auch die von Wellmann edirten »Pseudodemocritea Vaticana« stammen.

3. Das correspondirende Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Hr. Heinrich Weber in Strassburg hat am 19. Februar das fünfzigjährige Doctorjubiläum gefeiert; aus diesem Anlass hat ihm die Akademie eine Adresse gewidmet, deren Wortlaut unten abgedruckt ist.

4. Hr. Koser überreichte ein neu erschienenes Heft der Monumenta Germaniae historica: Tom. 32, Pars 3 der Abtheilung Scriptores (Hannoverae et Lipsiae 1913).

Die Akademie hat in der Sitzung vom 6. Februar Sir James Murray in Oxford zum correspondirenden Mitglied ihrer philosophisch-historischen Classe gewählt.

Adresse an Hrn. Heinrich Weber zum fünfzigjährigen Doktorjubiläum am 19. Februar 1913.

Hochverehrter Herr Kollege!

Sieben Städte teilen sich in die Ehre, Sie zu den Lehrern ihrer Hochschulen rechnen zu dürfen. Viele Körperschaften werden Ihnen daher an dem heutigen Tage, wo Sie Ihr goldenes Doktorjubiläum feiern, Glückwünsche darbringen und in dankbarer Anerkennung Ihrer reichen wissenschaftlichen und pädagogischen Wirksamkeit gedenken. In diesem Kreise darf und will auch die Preußische Akademie der Wissenschaften nicht fehlen, der Sie seit vielen Jahren als korrespondierendes Mitglied angehören, und in deren Mitte Sie so manchen wissenschaftlichen und persönlichen Freund zählen.

Auf Ihrem Lebenswege haben Sie die Länder deutscher Zunge von Süden nach Norden, von Westen nach Osten durchquert, bis Sie endlich wieder in Ihre geliebte Heimat, den Südwesten Deutschlands, zurückgekehrt sind. In ähnlicher Weise haben Sie das weite Feld der mathematischen Wissenschaften mit unermüdlicher Schaffenslust nach allen Richtungen durchzogen, dem Landmann gleich durch Fruchtwechsel reiche Ernte erzielend, bis Sie nach all dem Streifen durch die Analysis des Unendlichen schließlich bei der Arithmetik und Algebra, der Analysis des Endlichen, gelandet sind.

Von den großen Meistern unserer Wissenschaft sind es drei, die auf Ihre Entwicklung entscheidenden Einfluß geübt haben, Riemann, Kronecker und Dedekind. An Riemann knüpfen Ihre Arbeiten über die partiellen Differentialgleichungen und über die Abelschen Funktionen an. Dort erkannten Sie schon früh die Bedeutung der Eigenwerte, die in den modernen Forschungen eine so große Rolle spielen, und behandelten von den Entwicklungsfunktionen ausführlich die Besselschen Funktionen. Hier fesselte Sie besonders die Lehre von den Thetacharakteristiken, die Sie schon in Ihrer Preisschrift über die Abelschen Funktionen vom Geschlecht drei auszubilden begonnen hatten. Von beiden Theorien machten Sie zahlreiche Anwendungen auf Probleme der mathematischen Physik, namentlich der Hydrodynamik und der Elektrizitätstheorie, solche Aufgaben bevorzugend, die auf Theta-

funktionen führen. Für alle Förderung, die Sie durch Riemann erfahren haben, haben Sie ihm gedankt durch die musterhafte Herausgabe seiner Werke und seines Nachlasses und durch Ihr Buch über die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik.

Die Beschäftigung mit der Theorie der Transformation der Thetafunktionen und ihrer singulären Moduln führte Sie zu den Forschungen von Kronecker. Seine wunderbaren Ergebnisse über die Abelschen Gleichungen im gegebenen Rationalitätsbereich und über die komplexe Multiplikation, die damals l'envie et le désespoir des géomètres bildeten, wurden erst durch Ihre Kommentare weiteren Kreisen zugänglich. Ihrem philosophisch geschulten Geiste war es aber immer ein Bedürfnis, Einzelergebnisse, wie sie namentlich Dirichlet bahnbrechend und zielsetzend entdeckt hatte, in eine zusammenhängende Theorie einzuordnen, und so entstand Ihr Werk über die elliptischen Funktionen und die algebraischen Zahlen.

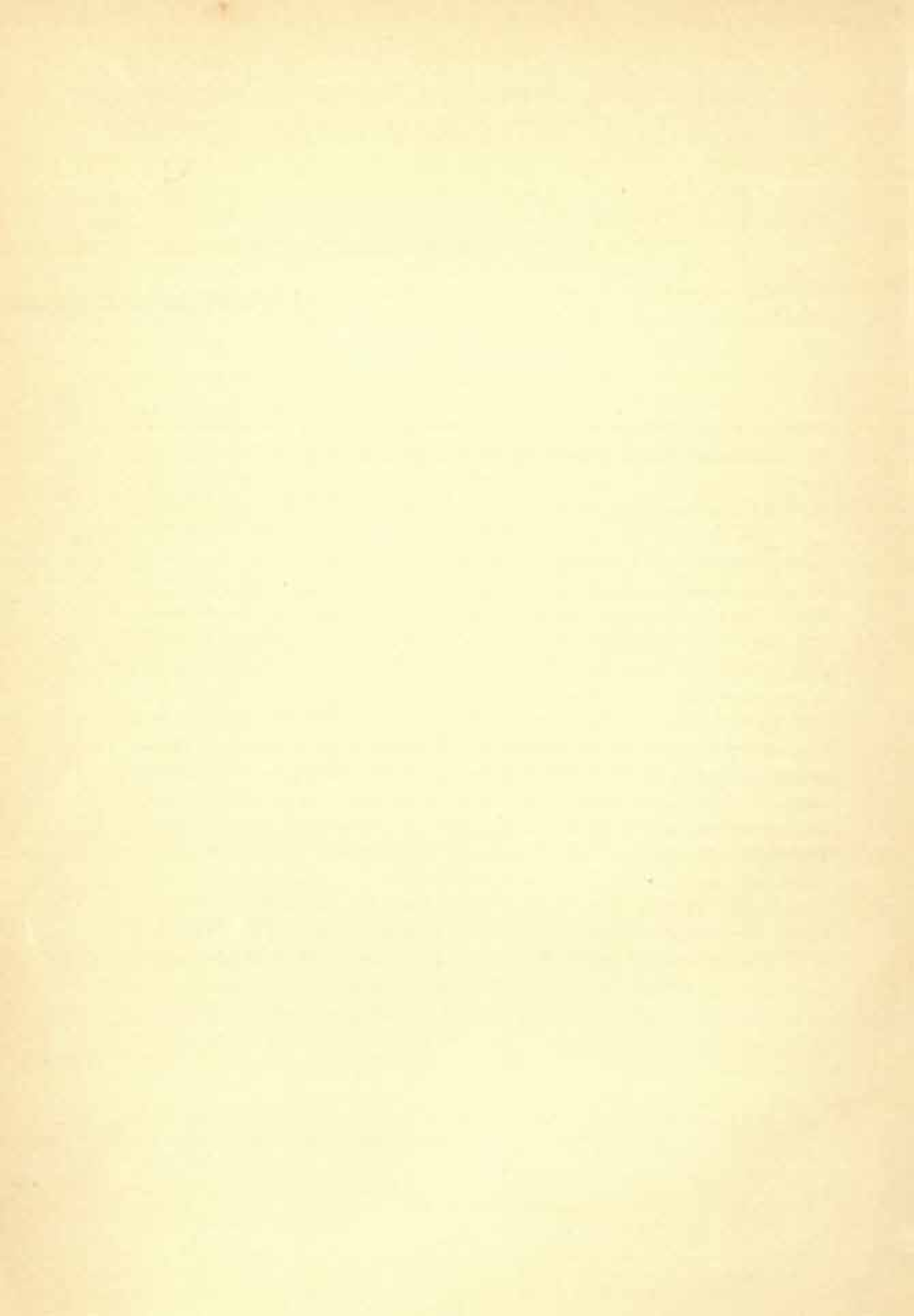
Was Kummer, Kronecker, Dedekind in der Idealtheorie geschaffen hatten, machten Sie sich zu eigen und verknüpften es mit Riemanns Theorie der Abelschen Funktionen in jener glänzenden, zusammen mit Ihrem Freunde Dedekind verfaßten großen Abhandlung über die Theorie der algebraischen Funktionen einer Variabeln. Eine derartig geistvolle und gehaltvolle Arithmetisierung der Funktionentheorie muß selbst der ausgesprochenste Geometer gelten lassen.

Immer tiefer drangen Sie in den Kern der Algebra ein, in die Galoissche Gruppentheorie, die Sie an der Konfiguration der 16 Knotenpunkte der Kummerschen Fläche, der 28 Doppeltangenten der Kurve vierter Ordnung, überhaupt an der Gruppierung der Thetacharakteristiken erläuterten. Und durch eine großartige Zusammenfassung aller Ergebnisse der Algebra und der Zahlentheorie schufen Sie das gewaltige Lehrbuch der Algebra, das für diesen Wissenszweig geraume Zeit das Musterwerk bleiben wird, gleich ausgezeichnet durch Fülle des Inhalts, Klarheit der Darstellung, Auswahl und Anordnung des Stoffes.

Alles was wir Ihnen an Dank schulden, fassen wir in den Wunsch zusammen, Ihr Gesundheitszustand möge Ihnen gestatten, Ihr mit so schönem Erfolge gekröntes Wirken als Lehrer der gesamten mathematischen Welt, der Lehrenden wie der Lernenden, noch recht lange fortsetzen zu können.

Die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften.

Ausgegeben am 13. März.



1913.

XI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

27. Februar. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

1. Hr. Sachau las über die ältesten Schicksale des Christenthums im Orient, speciell in den Euphrat- und Tigrisländern. (Ersch. später.)

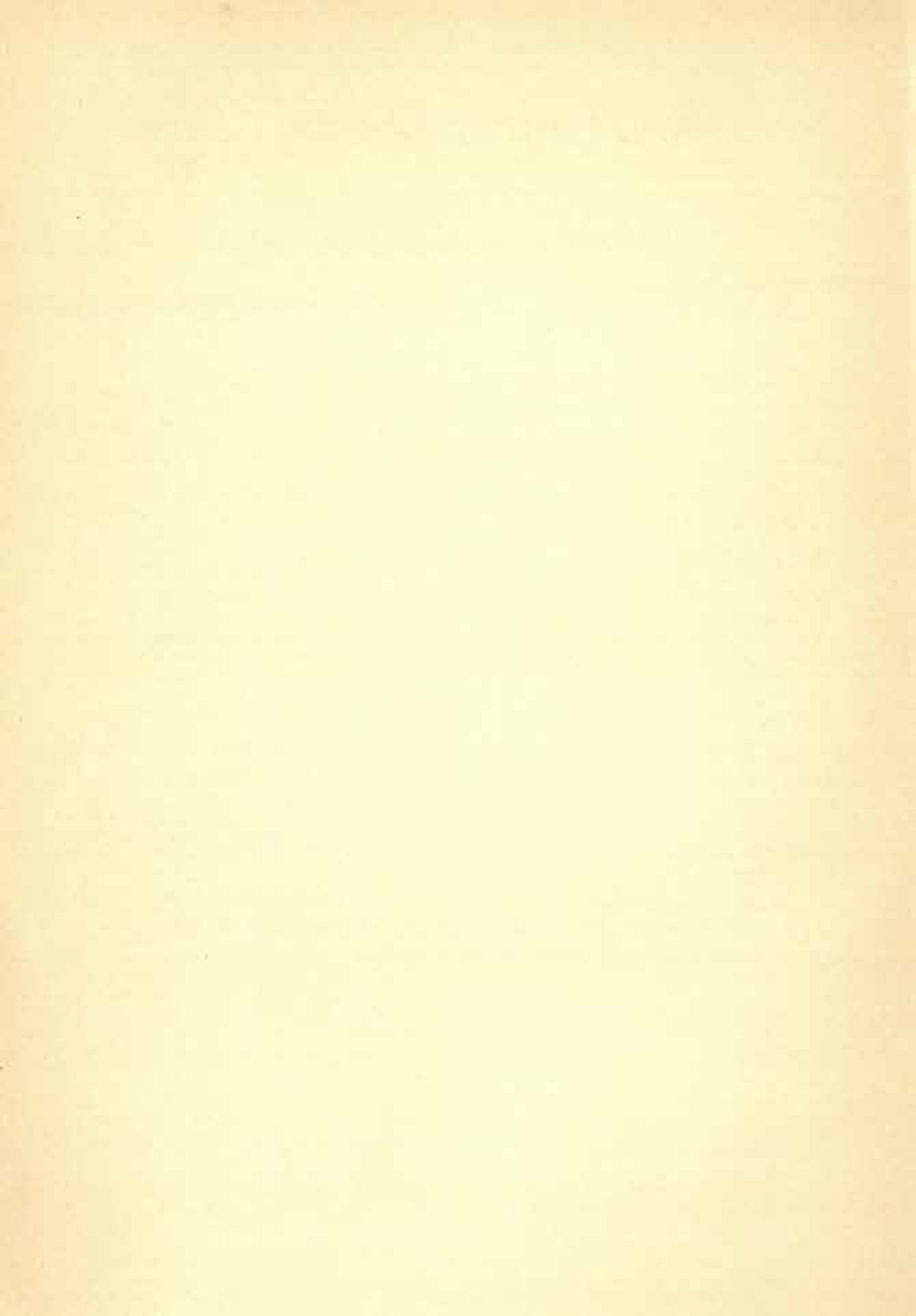
Es wurde dargelegt, wie sich schon frühzeitig, bereits unter der Herrschaft der Partherkönige, in der Stadt Arbela eine christliche Gemeinde gebildet hat, welches die Schicksale ihrer Leiter waren, wie einzelne von ihnen auch in der Reichshauptstadt thätig gewesen und welche Rolle diese in der späteren Geschichtsüberlieferung spielen. Ferner wurde die Verbreitung des Christenthums in südlicher und östlicher Richtung behandelt, im Besonderen die Bisthümer und Erzbisthümer in Ostarabien, in der eigentlichen Persis und in Merw, und es wurde versucht, nachzuweisen, wie lange diese christlichen Gebiete unter der Herrschaft des Islams bestanden haben.

2. Hr. Ed. Meyer legte vor einen Aufsatz des Hrn. Prof. M. Lidzbarski in Greifswald: »Eine punisch-altberberische Bilinguis aus einem Tempel des Massinissa«. (Ersch. später.)

Die in den Ruinen von Thugga gefundene Inschrift wird nach einer Photographie neu publicirt und commentirt. Es ist die Bauinschrift für einen Tempel des Königs Massinissa aus dem 10. Jahre seines Sohnes Micipsa.

3. Hr. Harnack überreichte »Die Griechischen Christlichen Schriftsteller der ersten drei Jahrhunderte, Bd. 21: Philostorgius' Kirchengeschichte, hrsg. von J. Bidez (Leipzig 1913)«.

Ausgegeben am 13. März.



1913.
XII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

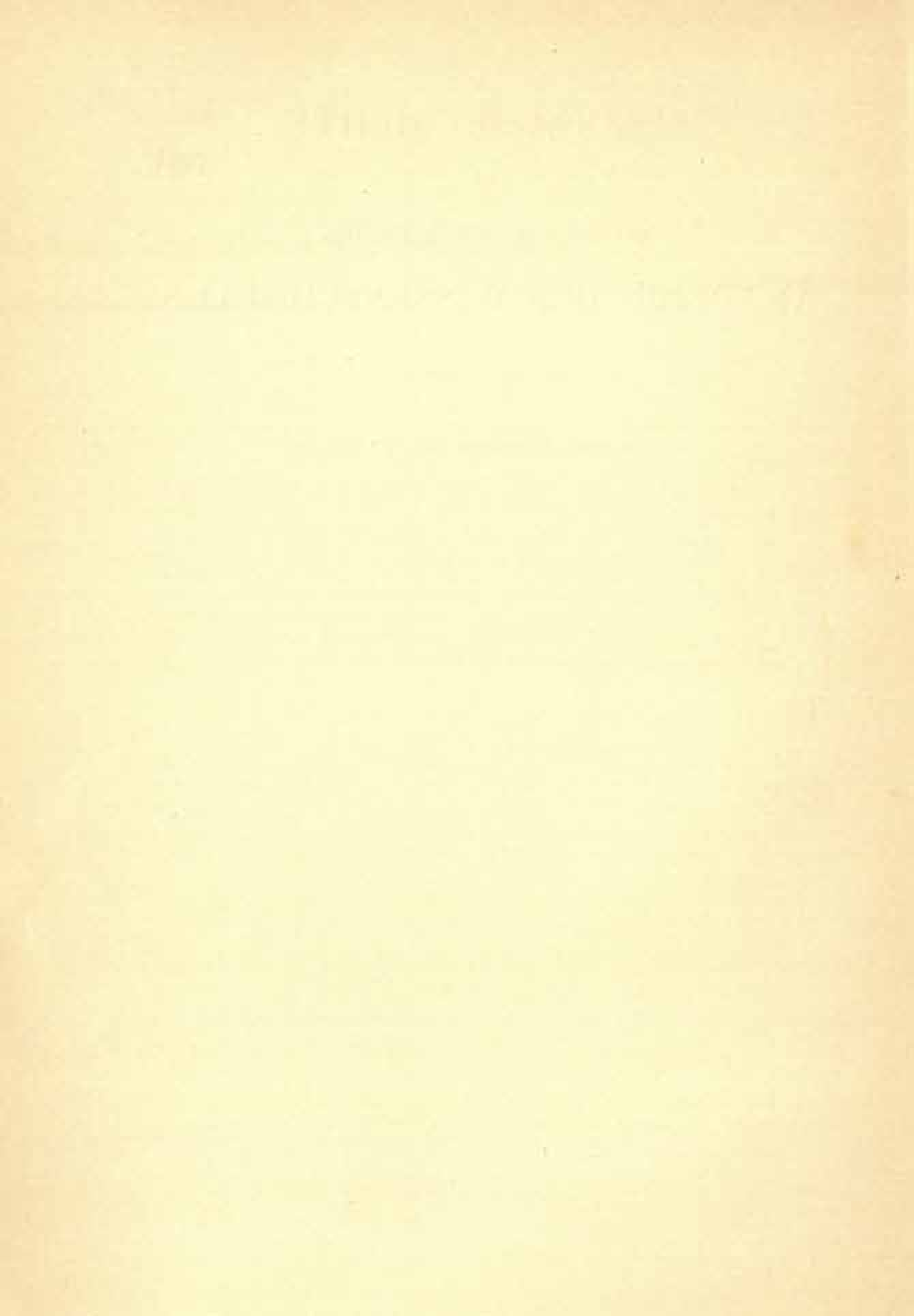
27. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

Hr. Haberlandt las: »Zur Physiologie der Zelltheilung«. (Ersch. später.)

Im Anschluss an frühere Culturversuche mit isolirten Pflanzenzellen wird über Versuche mit kleinen Gewebsfragmenten der Kartoffelknolle berichtet. Das Hauptergebniss besteht in dem Nachweise, dass aus dem Mark der Knolle herausgeschnittene Gewebeplättchen nur dann Zelltheilungen erfahren, wenn sie ein lebendes Leptombündelfragment enthalten. Auf Grund weiterer Versuche wird wahrscheinlich gemacht, dass das Leptom, insbesondere die Geleitzellen der Siebröhren, einen Reizstoff bilden und ausscheiden, der die Speicherzellen zur Theilung veranlasst.

Ausgegeben am 13. März.



1913.
XIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

6. März. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Diels las über die Entdeckung des Alkohols. (Abh.)

Gegenüber der früher verbreiteten Annahme, dass wir den Alkohol den Arabern verdankten, und der neuerdings versuchten Ableitung dieser Entdeckung aus Italien (12. Jahrh.) wird der Nachweis geliefert, dass das im 12. Jahrhundert in einer chiffrirten Notiz auftauchende Recept der Alkoholbereitung sammt der überwiegenden Masse der übrigen im Mittelalter verbreiteten chemischen Recepte antiken Ursprungs ist und mindestens seit dem 2. Jahrhundert n. Chr. in den alchemistischen Geheimzünften Aegyptens bekannt und zu magischem Hocuspocus verwandt worden ist.

*2. Derselbe theilte mit: Hippokratische Forschungen IV.

Die neueren Bearbeitungen der Hippokratischen Schrift de arte werden epikritisch untersucht und Mittheilungen über die beiden Haupthss. A und M nach neuen Collationen gemacht.

3. Derselbe legte eine Mittheilung des Hrn. Prof. Dr. J. Mewaldt in Greifswald vor: Eine Fälschung Chartier's in Galen's Schrift über das Koma.

Es wird nachgewiesen, dass die kleine Schrift Galen's Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτει κώματος (VII 643—665) nur in einer gr. Hs. (Laur. gr. 74, 3; s. XII) und in der lat. Übersetzung des Nicolaus von Rhegium erhalten ist. Dieser hat eine griechische Hs. benutzt, welche die grosse Lücke des Laur. ausfüllt. Danach hat Chartier für seine Ausgabe *bona fide* den griechischen Text in der Lücke hergestellt. Die Kühn'sche Ausgabe hat diese Fälschung Chartier's, die bis jetzt unbemerkt blieb, unverändert abgedruckt.

4. Die Akademie genehmigte die Aufnahme einer von Hrn. Waldeyer in der Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe vom 30. Januar vorgelegten Arbeit des Hrn. Prof. Dr. Edwin E. Goldmann in Freiburg i. Br.: Vitalfärbung am Centralnervensystem. Beitrag zur Physio-Pathologie des Plexus choroideus und der Hirnhäute in die Abhandlungen des Jahres 1913.

5. Vorgelegt wurde Tom. 2, Fasc. 2 des von der Savigny-Stiftung unternommenen Vocabularium Iurisprudentiae Romanae, bearb. von E. Grupe (Berolini 1913).

Eine Fälschung CHARTIERS in Galens Schrift über das Koma.

Von Prof. Dr. JOH. MEWALDT
in Greifswald i. P.

(Vorgelegt von Hrn. DIELS.)

1.

Als Galenos den ersten Satz des hippokratischen Prorrhetikon ᾱ (die Worte οἱ κωματώδεες ἐν ἀρχῇσι γινόμενοι ... ἆρά γε φρενιτικοί εἰσιν;) erläuterte in dem durchlaufenden Kommentar des Werkes, der uns in 3 Büchern, ed. KÜHN XVI 489—840, vorliegt, da erkannte er, daß am besten gleich an erster Stelle, für den ganzen Kommentar maßgebend, auseinandergesetzt werden müsse, welchen Zustand des Kranken Hippokrates bei dem Ausdrucke κῶμα im Sinne habe. Eine dortige Erörterung hätte aber, bei der unendlich häufigen Verwendung des Begriffes κῶμα in den Hippokratischen Schriften, den Rahmen eines Kommentars gesprengt. So entschloß sich Galenos, wie er uns zu Anfang des 3. Hypomnemas, K. XVI 705, selber mitteilt[1], zur Abfassung eines Parergons, das den Titel erhielt Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτει κώματος.

Die relative Abfassungszeit ist damit gegeben: angesichts des ersten Lemmas vom Prorrhetikos, beim Ansetzen der Feder zu seiner Erklärung, ist es entstanden und auch zugleich abgeschlossen. So kann es denn bereits in der Erklärung eben jenes ersten Lemmas als fertig erwähnt werden mit den Worten, XVI 495: περὶ μὲν οὖν τοῦ κατὰ κῶμα σημαινομένου βιβλίον ὅλον ἔχεις ἡμέτερον. Hier fehlt, natürlich nur aus Zufall, der eigentliche Titel, der uns aber an der oben zuerst genannten Stelle des 3. Buches, XVI 705, mitgeteilt wird und schon vorher einmal, kurz vor dem Ende des 1. Buches, XVI 579, vorkommt. Seitdem also rechnet Galenos mit dem Büchlein über die Schlafsucht in seinen so beliebten Selbstzitaten, z. B. recht ausführlich im 3. Hypomnema zu Epidemien β̄, XVII A 389 K., und kürzer im 1. Hypomnema

[1] Es heißt dort: τὴν πρώτην ἁπασῶν ῥῆσιν ἐξηγησαμένῳ τοῦ προκειμένου βιβλίου (d. i. τοῦ Προρρητικοῦ) γέγραπταί μοι βιβλίδιον ἐπιγεγραμμένον Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτει κώματος.

zu Epidemien Γ, XVII A 540 sowie in Περὶ προγνώσεως σφυγμῶν, IX 407 K. Dagegen in seinen beiden selbstverfaßten Schriftenkatalogen, Περὶ τῶν ἰδίων βιβλίων und Περὶ τῆς τάξεως τῶν ἰδίων βιβλίων, K. XIX 8 ff. und 49 ff., in denen wir ja so manches Werk vermissen, hat er es nicht erwähnt.

Dieses Schriftchen ist uns noch erhalten (Kühn bietet es Bd. VII 643—665), aber in griechischer Gestalt heutzutage überliefert nur in einer einzigen Handschrift[1], nämlich im Laurentianus graec. 74, 3 des XII. Jahrhunderts auf f. 188^{r}—191^{r}. Außerdem existiert in dem großen, so wertvollen Parisinus lat. 6865 saeculi XIV. f. 198^{v}—200^{r} die lateinische Übersetzung des Nicolaus von Rhegium[2], die aus der ersten Hälfte des XIV. Jahrhunderts stammt. Diese lateinische Übersetzung geht nicht, was ja der Zeit nach möglich wäre, auf jenen Laurentianus graecus zurück, der uns noch erhalten ist, und zwar deshalb nicht, weil der Laurentianus das Werkchen im höchsten Grade lückenhaft darbietet, während der Parisinus, abgesehen natürlich von Schreiberversehen, vollständig ist.

Es ist für die folgende Untersuchung notwendig, von dem Zustande der Blätter 188^{r}—191^{r} des Laurentianus, wie er heute ist und von Anbeginn gewesen ist, ein möglichst anschauliches Bild zu gewinnen. Die Schrift über das κῶμα, die letzte dieses ganzen Pergamentkodex[3], beginnt ganz oben auf f. 188^{r}, aber die Überschrift fehlt; vielmehr ist ein Teil der ersten Zeile, die Worte Τί ποτε σημαίνει τὸ τοῦ κώματος ὄνομα, durch das Zeichen :~ nach Art eines Titels abgegrenzt. Es folgt nun mit vielen Abkürzungen (die Endungen sind fast nie ausgeschrieben) ein Text, der an mehreren Stellen durch Aussparung von gewöhnlich 3 ganzen Zeilen verrät, daß er aus einer durch äußere Einflüsse stark zerstörten Vorlage abgeschrieben ist. So klafft z. B. gleich auf f. 188^{r}, wenige Zeilen vor dem Schlusse der Seite, eine solche Lücke von 3 Zeilen hinter dem Worte κατανεύουσι (K. VII 645, 10), das überdies selber auf einer nur halb vollgeschriebenen Zeile steht, wodurch im ganzen also ein Zwischenraum von 3½ Zeilen entsteht. Vergleicht man aber den Kühnschen Text daraufhin, was in dieser Lücke etwa verlorengegangen sei, so bieten sich dort nur die Worte οὕτως οὐδὲ dar. Da in der Tat für den Zusammenhang des Sinnes nichts weiter erforderlich ist als diese beiden Worte, so hat, wie wir erkennen, der Schreiber des

[1] Vgl. H. Diels, Die Handschriften der antiken Ärzte I (1905) S. 83.

[2] Siehe über diesen jetzt H. Schöne in der Ausgabe von Gal. De partibus artis medicativae. Progr. Greifswald 1911 S. 3 ff.

[3] Schon Diels, Doxogr. gr. S. 234, hat bemerkt, daß die Folien 188^{v}, 189^{rv}, 190^{rv} (hinzuzufügen ist 191^{r}) des Codex rescribiert sind; was für ein Text ursprünglich dagestanden hat, ist noch nicht ermittelt.

Laurentianus zu viel Raum ausgespart, hat also an seiner zerstörten Vorlage den Umfang der Zerstörung nicht mehr genau abmessen können[1].

Dasselbe Schauspiel wiederholt sich noch ein paarmal. Auf f. 189ʳ ziemlich zu Anfang erscheint wieder eine Lücke von mehr als 3 Zeilen hinter τράχηλον (K. 645, 18), wo eigentlich gar nichts fehlt, sondern nur das folgende Wort ἀλγοῦντα (so Kühn) im Laurentianus in ἄνδρα καὶ verlesen erscheint. Weiterhin sind auf f. 189ᵛ zwei Lücken von je über 3 Zeilen ausgespart, die erstere hinter φησὶν (K. 647, 18), die zweite hinter ἂν (K. 648, 16); für jede dieser beiden Lücken bietet Kühn einen Text von etwas über 7 Zeilen dar[2], was beidemal etwa um die Hälfte zuviel ist; denn eine Druckzeile Kühns entspricht sonst fast genau einer Schriftzeile des Laurentianus, hier aber haben wir ungefähr das Verhältnis 7 : 3. Hier hätte also der Schreiber für den Fall, daß ihm eine vollständige Handschrift nachträglich in die Hände geraten wäre, zuwenig Raum gelassen. Eine letzte Aussparung, nämlich von $2\frac{3}{4}$ Zeilen, findet sich auf f. 190ʳ Mitte, hinter ἐπιτηδεύμασιν (K. 651, 7); es fehlt aber, nach Kühn zu urteilen, dahinter nur das Wörtchen καί, weiter nichts.

Der Laurentianus trägt jedoch in der Schrift über das κῶμα neben dieser, nach Kühn nur scheinbaren, Korrektheit im Bemessen der Lücken noch einen schweren Schaden in sich, den er völlig verbirgt. Nachdem nämlich hinter jener letzten Aussparung der Text ohne besonderen Anstoß den Schluß von f. 190ʳ und noch $10\frac{1}{2}$ Zeilen von f. 190ᵛ durchlaufen hat bis zu K. 652, 17 μαρτυρεῖ, springt er plötzlich über 10 Kühnsche Seiten hinweg und setzt sich, ohne daß irgendein Raum gelassen oder ein Zeichen einer Verderbnis gesetzt ist[3], mit ἀποροῦντος K. 662, 6 wieder fort[4], nun bis zum Schlusse der Schrift, K. 665, 6.

Nach alledem dürfte sich als Gesamteindruck ergeben, daß die Schrift über das κῶμα im Laurentianus, der einzigen griechischen Handschrift, sich in einem höchst trostlosen Zustande befindet. Um so

[1] Auch aus dieser Vorlage kann also die Übersetzung des Nicolaus von Rhegium nicht geflossen sein. Daß sie aber unmittelbar, nicht erst über den Umweg des Arabischen, aus dem Griechischen geflossen sei, dafür spricht der Augenschein durchaus, kein Wort der Übersetzung steht dem entgegen. Es hat also in der zweiten Hälfte des XIV. Jahrhunderts noch eine zweite griechische Handschrift des Werkchens existiert.

[2] Im ersteren Falle fehlt K. 647, 18 ἑτέρην — 648, 8 ἀσώδης, im zweiten 648, 17 τῷ — 649, 6. 7 τεσσαρακοστῇ.

[3] Es ergibt sich hieraus, daß in der Vorlage mehrere Folien ausgerissen oder mindestens an eine andere Stelle verschlagen waren.

[4] In dieser Schlußpartie hat die Schrift keine Verstümmlung mehr erlitten; nur hat sich f. 190ᵛ/191ʳ zwischen die Worte καταφορᾶς und ἀπὸ τῆς (K. 663, 8. 9) ein Stück aus Galens Schrift Πρὸς Λύκον eingedrängt, nämlich K. XVIII A 198, 3 εἰς τοὺς ἀφορισμοὺς — 199, 3 βούλεται. Diese Beobachtung ist für den künftigen Herausgeber der Schrift Πρὸς Λύκον, die sich ja in demselben Kodex von f. 2 an findet, von Wichtigkeit.

erfreuter mag mancher darüber sein, daß offenbar doch der Kühnsche Abdruck in letzter Instanz auf eine vollständige Handschrift zurückgehe. Diese Hoffnung muß ich leider zerschlagen. Die Sache verhält sich ganz anders.

2.

Kühns Abdruck Bd. VII 643—665 geht, wie wir es bei ihm gewohnt sind, auf Chartiers Gesamtausgabe des Galenos von 1679 zurück, in der die Schrift über das κῶμα in Bd. VII S. 191—199 steht, Chartier aber wiederum fußte, wie wir aus seiner etwas gewundenen Äußerung in seinen Notae zu demselben Bande S. 878 f. entnehmen können, auf einer Ausgabe des englischen Arztes Ioannes Caius[1]. Gemeint ist das Buch: *Cl. Galeni Pergameni nobiliss. medici libri aliquot graeci partim hactenus non visi, partim a mendis quibus scatebant innumeris ad vetustissimos codices repurgati et integritati suae restituti annotationibusque illustrati per Ioannem Caium Britannum, medicum*[2]. Erschienen ist es bei Froben in Basel 1544[3], gewidmet König Heinrich VIII. von England. Das Büchlein über das κῶμα führt im vorangesetzten Generalindex wie in der Vorrede und vor dem Texte selber den Titel Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτην (so) κώματος und wird an den beiden ersteren Stellen als »hactenus nunquam impressus« bezeichnet. Mit dieser Behauptung hat Caius ganz recht; denn weder in der Aldina von 1525 noch in der Basileensis von 1538 ist das Schriftchen enthalten, und eine Sonderpublikation hat es von ihm in der Tat vor 1544 nicht gegeben.

---

[1] John Kaye lebte von 1510 bis 1573, studierte seit 1529 Medizin in Cambridge, trat 1539 eine Reise nach Italien an, kehrte 1544 wieder nach England zurück, wo er nicht lange danach des Königs Leibarzt wurde. Er ist der Begründer des Caius-College in Cambridge. Außer selbständigen Werken veröffentlichte er hauptsächlich Ausgaben und Übersetzungen von Schriften des Galenos. Vgl. Michaud, Biographie universelle, nouv. edit. Paris o. J., s. v. Caius.

[2] Ich benutze das Exemplar der Kgl. Bibliothek zu Berlin (Sign. Vr 2012); das Buch enthält (vgl. auch J. C. W. Ackermanns in der Hist. literaria Cl. Galeni bei Kühn I Praef. S. CCXXXIV): 1. Gal. Περὶ τῶν Ἱπποκράτους καὶ Πλάτωνος δογμάτων Buch I ganz, II Anfang; 2. Gal. Περὶ τοῦ παρ' Ἱπποκράτην (so) κώματος (»nunquam hactenus impressus«); 3. Gal. Περὶ ἀντεμβαλλομένων (»ex vetusto codice integer nunc factus«); 4. Gal. Περὶ ἀνατομικῶν ἐγχειρήσεων libri IX. Hierauf folgt eine lateinische Übersetzung von De decretis Hippocratis et Platonis I, und hierauf mit neuem Titelblatt und neuer Seitenzählung, aber von demselben Jahre datiert, folgende im Generalindex des ganzen Buches vorn schon mitaufgeführten Werke: 5. Gal. Περὶ μυῶν κινήσεως libri II; 6. Gal. Περὶ χρείας μορίων Buch VII; 7. Hipp. Περὶ φαρμάκων. Inc. Τὰ περὶ φαρμάκων πρήγματα. Expl. ὁ γὰρ αὐτὸς κίνδυνος; vgl. Med.-Kat. I 49. Den Schluß bilden, im Berliner Exemplar nicht ganz vollständig, Annotationes Caii zu Περὶ μυῶν κινήσεως.

[3] Format nach dem Zerschnitt der Bogen 4° (so Ackermann a. a. O.), nach der Größe 8°.

Über die Quelle oder die Quellen, denen er das Schriftchen entnahm, sagt Caius an keiner Stelle auch nur das geringste, und es ist daher vollkommen ungerechtfertigt und irreführend, wenn Chartier in jenen Notae S. 878 schreibt: »libellum de comate a me iam editum Caius Britannicus se ex variis Hippoc. et Galeni contextibus collegisse profitetur«. Es ist auch vollkommen unwahr; denn wir können noch genau feststellen, welche Vorlage Caius ausschließlich benutzt hat und daß er sie ganz getreu und ehrlich wiedergegeben hat. Die Vorlage war der noch erhaltene, oben beschriebene Laurentianus graec. 74, 3.

Es leuchtet ein, daß bei der eigentümlichen Verwahrlosung, in der sich Περὶ κώματος im Laurentianus befindet, der Beweis dafür leicht zu geben ist. Wirklich finden sich die oben beschriebenen Lücken der Handschrift bei Caius getreulich wieder, und überdies sind sie jedesmal durch einen Stern im Texte sorgsam und ehrlich gekennzeichnet. Es fehlen die Worte οὕτως οὐδὲ K. 645, 10 im Laurent. wie bei Caius, statt des ἀλγοῦντα 645, 18 steht bei beiden ἄνδρα καί, und bei beiden fehlt 651, 7 das καί; also nicht einmal diese Konjunktion hat Caius einzusetzen gewagt; er setzt auch hier einen Stern, weil seine Vorlage eine Lücke, diesmal von 2¾ Zeilen, aussparte. Nur an jenen beiden noch übrigbleibenden Lücken, hinter φησὶν 647, 18 und hinter ἄν 648, 16 K., hat Caius einen Versuch gemacht, das Verlorene einzusetzen. Aber hier lag die Sache anders als sonst; hier waren nämlich zwei Zitate aus Hippokrates von der Verstümmlung betroffen worden, und diese würde ja auch ein moderner Herausgeber aus dem betreffenden Werke des Hippokrates, Epidemien Γ, allerdings etwas vorsichtiger als er, einsetzen und ergänzen[1]. Schon hierdurch ist der Laurentianus als Quelle des Caius erwiesen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß auch in allen Einzelheiten des Textes die Editio princeps des Caius jenen Kodex genau widerspiegelt.

Diese Übereinstimmung von Handschrift und erstem Druck zeigt sich nun auch bei dem schwersten Schaden, den die Schrift Περὶ κώματος im Laurentianus in sich birgt. Jene 10 Kühnschen Seiten zwischen 652, 17 μαρτυρεῖ und 662, 6 ἀποροῦντος, die im Laurentianus fehlen, werden auch von dem Drucke des Caius nicht geboten. Gemerkt hat Caius den Fehler, der seine Vorlage betroffen hatte, sehr wohl[2];

[1] Die erstere Lücke hat Caius nur bis 648, 2 K. ἄγρυπνος ergänzt, nicht bis 648, 11 K., an der zweiten dagegen (648, 17—649, 7) stimmt die Ergänzung bei Caius mit der Kühns überein.

[2] So hat er auch den Einschub aus der Schrift Πρὸς Λύκον, gegen Ende von Περὶ κώματος (vgl. o. S. 258 Anm. 4), bemerkt und dieses Stück in den Druck nicht übernommen. Im Laurentianus ist der Einschub nahezu richtig durch Klammern eingefaßt; es ist nicht unmöglich, daß eben Caius es war, der diese Klammern in die Handschrift eingezeichnet hat.

denn er setzt hinter μαρτυρεῖ das Zeichen, mit dem er auch vorher die Lücken andeutete, den Stern; aber er sah kein Mittel, das Verlorene anderswoher wiedereinzubringen.

Dies ist nun der bedeutungsvolle Punkt, an dem sich Laurentianus-Caius einerseits und Chartier-Kühn anderseits in zwei Gruppen scheiden. Laurentianus und Caius haben jene 10 Seiten griechischen Textes, d. h. ungefähr die Hälfte des Schriftchens, nicht; dagegen Chartier und Kühn haben sie. Kühn hat sie, wie wir sahen, aus Chartier nur wieder abgedruckt, scheidet also aus. So bleibt Chartier als ältester Zeuge. Woher hat er sich die 10 Seiten verschafft?

3.

Chartier macht (Notae S. 878 f.) außer Caius, über den er, wie wir sahen, ganz irreführend berichtet, noch zwei andere Gelehrte als seine Vorgänger namhaft; aber beide hatten, wie er selbst mehr oder weniger deutlich sagt, nur lateinische Übersetzungen der Schrift Περὶ κώματος herausgegeben. Es sind Augustinus Riccus und Nicolaus Leonicenus[1]. Von ersterem sagt er folgendes: *Riccus vero se omnino hunc libellum restituisse gloriatur, in quem libellum commentarium contexuit, ubi textus varios refert tum Hippocratis, tum Galeni. Verum hic Latinam Nicolai Regii Calabri versionem priorem edidit.* Über Leonicenus bemerkt er: *Versionem quoque Leoniceni non integram animadvertimus.*

Es ist schon hiernach ziemlich klar, daß beide Gelehrte für die Frage, woher Chartier die Mittelpartie in griechischer Fassung habe, ausscheiden; denn sie lieferten ihm nur lateinische Texte. Aber es lohnt sich, der Sache noch etwas genauer nachzugehen.

Was Chartier über Riccus sagt, trifft zu. *Augustino Ricco Medico Lucensi auctore* erschienen lateinisch Galens sämtliche Werke in 8 Sektionen[2] zu Venedig 1541—1545. 8°. Band IV (= Sectio IV) vom Jahre 1541 enthält auf S. 278—288 die Schrift De comate in lateinischer Übertragung und auf S. 779—802 eine kleine Abhandlung[3] kritischer

[1] Auch die lateinische Übersetzung des Nicolaus Rheginus hat Chartier natürlich gekannt; er führt Lesarten aus ihr in den Notae an. Gedruckt lag sie zuletzt vor in der lat. Iuntina des Jahres 1541 class. III f. 48ʳ—50ʳ. In der Iuntina von 1550 class. III f. 48ᵛ—51 ist sie bereits ersetzt durch die modernere Übertragung des Dominicus Montesaurus aus Verona.

[2] Vgl. Ackermann in Kühns Galenausgabe I, S. CCXXXIII und M. Bonnet, De Gal. subfig. empir. Bonn 1872, S. 2. Mir liegt das Exemplar der Bonner Univ.-Bibl. (Sign. Da 1630) vor. — Das Privileg des Papstes Paul III. vor der Sectio III (1544) nennt den Herausgeber, der sich selber auf den Titelblättern Augustinus Riccus latinisiert, Augustinus Ricchi und erwähnt unter seinen Helfern besonders den Victorius Trincavela. Daher stammt Ackermanns Mitnennung des letzteren Gelehrten (a. a. O).

[3] Das ist der *commentarius*, von dem Chartier spricht.

Noten zu ihr, eingeleitet durch einen Brief an Don Diego de Mendoza auf S. 774—778. Lassen wir Riccus über die Quellen seiner Bearbeitung selber sprechen. Im Index von Band IV wird unter anderem angekündigt: *De comate Nicolao Regio interprete liber, qui etsi Graece non habetur, tamen ex multis Hippocratis et Galeni locis nunc primum a nobis est restitutus*[1]. Richtig ist die Behauptung des Riccus, der griechische Text liege nicht vor; denn die Editio princeps von Caius erschien ja erst 3 Jahre später, 1544. Jenen Angaben des Index entspricht dann die Überschrift auf S. 278 des Bandes; auch hier heißt es: *Nicolao Regio Calabro interprete* und *per Augustinum Riccum multis in locis ex Galeno ipso et Hippocrate restitutus.* Diese Wiederherstellung wird nun in jenen Noten auf S. 779 ff. begründet. Hier gibt Riccus offen an und erläutert durch Beispiele, daß seine lateinische Übersetzung nur eine Umstilisierung der *antiqua versio* des Nicolaus von Rhegium sei; aber er zeigt auch durch ausführliche Zitate, aus welchen Parallelstellen des Hippokrates und Galenos er seine Verbesserungen und Ergänzungen gewonnen hat. Diese seine Angaben bestätigt der Befund des lateinischen Textes bei näherer Prüfung durchaus. Er ergibt sich also, daß Chartier von Riccus her jene in griechischer Fassung verlorene Mittelpartie nur in der etwas umstilisierten lateinischen Übertragung des Nicolaus von Rhegium hätte beziehen können, aber nicht das geringste Bestandteilchen des Originals.

Nicht minder einfach liegt die Sache bei Nicolaus Leonicenus. In welchen der zahlreichen Drucke[2] des Galenos seine Bearbeitung aufgenommen ist, hat sich zwar bisher nicht feststellen lassen[3]; es ist aber auch ohne Belang. Denn Chartier sagt deutlich, daß Nicolaus Leonicenus von dieser Schrift, wie wir das überhaupt bei ihm gewohnt sind, eine lateinische Übertragung geliefert hatte, und er fügt hinzu, daß diese Übertragung eine *non integra* war. Dies kann sich nur darauf beziehen, daß Nicolaus Leonicenus mangels einer griechischen Vorlage der Mittelpartie diese aus Nicolaus von Rhegium einsetzen mußte. Die Bestätigung, nämlich die Erläuterung jenes *non integra*, bringt der unmittelbar folgende Satz Chartiers: *Quare Latinam versionem partim Leonicenus et partim Calaber condidit, quam, donec Galeni textus alter venerit, emendatiorem factam edidimus.* Die von Nicolaus Leonicenus gebotene lateinische Bearbeitung bestand also dem Ursprunge nach aus zwei verschiedenen Teilen, einem Stücke, das er aus Nicolaus

---

[1] Vgl. Chartiers Angabe *restituisse gloriatur.*

[2] Eine Anzahl von ihnen, die am ehesten in Betracht kämen, ist etwas weiter unten für die Schrift De comate nachgeprüft.

[3] Auch eine Umfrage des Auskunftsbureaus der deutschen Bibliotheken ist ohne Erfolg geblieben.

Rheginus hatte übernehmen müssen, und einem anderen Teile, den er selbst übersetzt hatte. Er kann also sein eignes Stück Übersetzung nur nach dem Laurentianus oder nach der Ausgabe des Caius angefertigt haben, in denen eben nur der Anfang und der Schluß der Schrift in der griechischen Originalfassung steht; auch Nicolaus Leonicenus verfügte also nur über dieselben Quellen, die uns noch heute zu Gebote stehen. Damit ist die Frage erledigt; auch Nicolaus Leonicenus scheidet unter den Quellen für die Mittelpartie, zumal ihre griechische Fassung, gänzlich aus.

Das von Chartier selbst genannte Material ist damit vollständig erschöpft; aber das Resultat der Prüfung wird noch verständlicher sein, wenn wir die Geschichte der Schrift De comate im 16. und 17. Jahrhundert noch an ein paar wichtigen Etappen ins Auge fassen.

In demselben Jahre wie der IV. Band der oben besprochenen Lateinausgabe des Riccus erschien die schon erwähnte Iuntina von 1541, die das Schriftchen noch ganz in der Übersetzung des Nicolaus von Rhegium darbietet. Aber dies scheint das letzte Auftreten dieser Übertragung gewesen zu sein[1]. Nach dem Erscheinen, weniger jener Umstilisierung des Riccus als vielmehr der drei Jahre später gedruckten griechischen Edition des Caius, konnte und mußte an neue Übertragungen gedacht werden. Dem haben denn auch die späteren Herausgeber eines Galenus latinus entsprochen.

Schon in der Iuntina von 1550 und dann in der von 1556 ist das geschehen. Der Übersetzer von De comate, class. III f. 48v—51r, ist hier Dominicus Montesaurus. Dieser gibt das griechisch uns nicht bezeugte Mittelstück in der von ihm nur in geschmackvolleres Latein umgegossenen Übersetzung des Nicolaus Rheginus[2], zu Beginn aber dieser Partie (f. 49v G) merkt er am Rande an *In Graeco exemplari multa desiderantur* und umgrenzt außerdem dieses im Griechischen fehlende Stück mit Sternchen. Mit dem *exemplar Graecum* ist die Edition des Caius gemeint. Die *antiqua versio* des Nicolaus Rheginus konnte Montesaurus aus der vorangegangenen Iuntina, der von 1541, kennen.

Die neue Übersetzung des Dominicus Montesaurus ist auch übergegangen in jene Frobensche Edition, die unter Conr. Gesners Leitung im Jahre 1562 mit Band I abgeschlossen wurde; die anderen Bände sind von 1561 datiert. Die sonst so schätzenswerte Frobeniana ist

---

[1] Jedenfalls ist sie schon in der II. Iuntina, der von 1550, wie sich sogleich zeigen wird, nicht mehr zu finden.

[2] Als *antiqua versio* hatte er sie im Titel bezeichnet, wo es heißt: *Galeni de comate secundum Hippocratis sententiam commentariolus, nunc primum per Dominicum Montesaurum Veronensem ex Graeco exemplari et antiqua versione restitutus.*

also in De comate, das bei ihr in class. III S. 98—103 steht, nur ein Abdruck der Iuntina von 1550 bzw. der von 1556.

Aus der ebenfalls in das Jahr 1562 fallenden Bearbeitung im lateinischen Galenus des Io.-Bapt. Rasarius, medicus Novariensis, die zu Venedig bei Vincentius Valgrisius gedruckt wurde[1], brauchen nur die Tatsachen herausnotiert zu werden. De comate steht hier in class. II f. 89ᵛ—91ʳ. Der griechische Text liegt, soweit er erhalten, zugrunde, aus Caius. Bei Eintritt in das Verlorene lesen wir am Rande *Quae sequuntur omnia usque ad asteriscum absunt a Graecis lib. usque prope finem tertii capitis* und dementsprechend gegen Schluß des 3. Kapitels *Hucusque mancus est lib. grę.* Dieses Stück ist umstilisierter Nicolaus.

Augustinus Gadaldinus ist der Bearbeiter des Schriftchens in der IV. Iuntina latina, Venedig 1565, class. III f. 48ᵛ—51ʳ. An der bekannten kritischen Stelle lesen wir die Anmerkung, am unteren Rande von f. 49ᵛ *Quae his signis* [ ] *interclusa sunt, in cod. graecis desiderantur. Malui autem veterem tralationem ut iacet apponere quam quicquam invertere, cum praesertim saepenumero mutatio verborum sententiarum etiam faciat inversionem.* Gadaldinus hat also in der Mittelpartie die *vetus tralatio* des Nicolaus unverändert abdrucken lassen; Umstilisierungen, wie sie Riccus, Montesaurus und Rasarius vorgenommen haben, billigte er nicht. Am Schlusse jenes Abschnittes setzt Gadaldinus zur umgrenzenden Klammer ein Sternchen und an den Rand die Bemerkung *Hucusque Calabri versio.*

So lautete die Kunde von dem Schriftchen bis in die zweite Hälfte des 16. Jahrhunderts hinein. Aber auch das 17. Jahrhundert hatte für das Original weitere Quellen nicht aufzuweisen. Ist doch z. B. in der Iuntina latina des Jahres 1625, class. III f. 48ᵛff., die Bearbeitung des Gadaldinus als dem Stande der Kenntnis entsprechend wieder abgedruckt. Also bis in das 17. Jahrhundert, dem Chartier selber angehört, keine Spur der griechischen Originalfassung des Mittelstückes.

4.

Wir sind mit der Prüfung sämtlicher von Chartier selbst genannter Vorlagen seiner griechisch-lateinischen Edition von Περὶ κώματος fertig, haben außerdem die Kenntnis vom Fehlen der griechischen Mittelpartie bis in sein Jahrhundert verfolgt. Nirgends hat sich eine Spur gezeigt, woher ihm die 10 Seiten in griechischer

[1] Herm. Schöne hat mir sein Exemplar dieser seltenen Ausgabe gütig zur Verfügung gestellt.

Fassung zugekommen sein könnten; denn wenn er selbst einen griechischen Kodex zur Verfügung gehabt hat, durch den er über Caius hinauskam, so hätte er auffällig damit hinter dem Berge gehalten. Es kommt ein Gefühl des Unbehagens und Mißtrauens gegenüber diesen Seiten auf, durch Chartiers unklare Wendungen in den Notae nur genährt. Wodurch erklärt es sich ferner, daß z. B. auf S. 654,7. 655,7. 658,14. 660,17. 661,2. 11 K. Hiate zum Teil schwerer Natur zugelassen werden, außerhalb dieser unbezeugten Partie aber nicht? Es bleibt nichts übrig: man muß die Frage stellen, ob wohl Chartier selber dieses Stück in das Griechische zurückübersetzt habe.

So ist es in der Tat gewesen: die Mittelpartie ist eine Rückübersetzung Chartiers aus Nicolaus von Rhegium. Zunächst steht ja bereits fest, daß Chartier dessen lateinische Übertragung gekannt und daß er sie herangezogen hat; denn in den textkritischen Notae S. 879 ist sie mehrfach berücksichtigt. Aber für das ganze Mittelstück ist sie wirklich Chartiers einzige Grundlage. Der Beweis dafür, daß Chartier hier eine Fälschung, wenn auch eine gutgemeinte, begangen hat, läßt sich nämlich, unabhängig von den obigen Fingerzeigen der Textgeschichte des Schriftchens, ganz allein mit Hilfe der köstlichen Versehen führen, die dem Rückübersetzer teils durch eigne Schuld zugestoßen sind, teils aber auch durch seine verderbte lateinische Vorlage nahegebracht wurden.

Das schlagendste Beispiel stehe an erster Stelle. Der letzte Satz von K. VII 658 (= Chart. VII 197,2 ff.) lautet: τῶν δὲ μὴ καταφερομένων ὑπνωδῶς οἱ μὲν οὕτω ῥᾳδίως καὶ ἐπὶ πολὺ εὐκίνητοί εἰσιν, ὥστε μὴ διαλείπειν βοῶντες μέγα καὶ κινεῖν τι μόριον σφοδρῶς, ἂν δ᾽ ἐξεγείρῃς αὐτοὺς ἢ προσλαλῇς, προσβλέπουσιν ἀπρεπῶς καὶ μᾶλλον ἐξίστανται καὶ κακὸν πράττειν ἐπιχειροῦσι καὶ πάντως ἀκούειν προθυμότατοί εἰσιν οὐδὲν ἀπολειπόμενοι τῶν ἄκρως παραφρονούντων, οἱ δ᾽ ἔμπαλιν usw. Dieser Satz enthält zwei Verstöße, einen sprachlichen und einen sachlichen. Sprachlich höchst eigentümlich ist zu Beginn des Satzes das οἱ μὲν οὕτω ῥᾳδίως καὶ ἐπὶ πολὺ εὐκίνητοι: da man nämlich auch das οὕτω ῥᾳδίως mit dem εὐκίνητοι verbinden muß, so wird entweder das ῥᾳδίως oder aber das εὐ des Kompositums als überflüssig empfunden, wie denn der gesamte Ausdruck überaus schwerfälliges Griechisch zeigt; es kommt hinzu, daß zwischen πολὺ und εὐκίνητοι ein Hiat entsteht. Stärker noch ist, am Ende des Satzes, der sachliche Anstoß. Der Autor spricht von jenem wachen κῶμα, bei dem die Kranken sich hin und her werfen, bald mit diesem, bald mit jenem Gliede heftige Zuckungen machen und laut schreien, wenn man sie aber zur Besinnung bringen will, den Anredenden anstieren, nur noch toller werden, irgend etwas Böses zu vollführen suchen und durchaus zum — Hören bereit sind. Jeder

erkennt, daß der Schluß abgeschmackt ist, daß das ἀκούειν nach der vorausgehenden Steigerung wie kaltes Wasser wirkt.

Die beiden aufgedeckten Anstöße schwinden, wenn man die lateinische Überlieferung des Satzes bei Nicolaus Rheginus in Vergleich stellt, in der Fassung zunächst, wie sie der Parisinus 6865 bietet: *ipsorum vero, qui non sompnolente cataforantur, alii quidem ita facile mobiles et multum mobiles existunt, ut nec deficiant clamantes magne et moveant aliquam particulam vehementer, sed si excitaveris eos aut loquaris, aspiciunt incontinenter et magis egrediuntur a se et malum facere temptant et omnino in audendo promptissimi fiunt, nichil relinquentes ab hiis qui summe desipiunt; alii vero* usw. Jenem sprachlich anstößigen Ausdrucke zu Beginn des Satzes steht hier etwas durchaus Vernünftiges gegenüber, *ita facile mobiles et multum mobiles*; denn griechisch würde das lauten: οὕτως εὐκίνητοι καὶ πολυκίνητοι, völlig untadelhaft, dem doch nicht aus Zufall doppelten *mobiles* gerecht werdend und zumal ohne Hiatus. Der sachliche Anstoß aber gegen den Schluß löst sich hier in schönster Weise auf, insofern die Patienten nun als »überhaupt sehr bereit« nicht zum Hören, sondern »zu Verwegenheiten« erscheinen, was gerade das ist, was wir nach dem Vorausgehenden erwarten müssen. Und diese Auflösung ermöglicht es uns nun auch, das ganze Trugnetz zu zerreißen; das ἀκούειν kann ja nur daher seinen Ursprung haben, daß jemand im lateinischen Texte nicht *in audendo*, sondern *in audiendo* las oder zu lesen glaubte; d. h. der ganze griechische Satz ist erst durch Rückübersetzung aus dem Lateinischen gewonnen; denn die Art des Fehlers zeigt, das Lateinische ist hier das Prius, das Posterius aber ist die griechische Form.

So weit gelangt man durch Vergleich des Chartierschen Griechisch mit dem Parisinus. Man möchte also annehmen, daß Chartiers Versehen aus ungenauem Lesen dieser Handschrift entstanden sind. Andrer Meinung aber werden wir, wenn wir z. B. die lateinische Iuntina von 1541 aufschlagen und in der dort gedruckten Übersetzung des Nicolaus Rheginus f. 49ʳ H nicht jenes richtige *ita facile mobiles et multum mobiles* und das richtige *in audendo* des Parisinus lesen, sondern *ita facile et multum mobiles* und *in audiendo*, also genau das, was wir als trügerische Vorlage Chartiers ansetzen mußten. Es ergibt sich hieraus, daß Chartier seine Rückübersetzung aus dem Nicolaus nicht nach dem Parisinus 6865 gefertigt hat[1], sondern entweder eben nach jener Iuntina des Jahres 1541 selbst[2] oder jedenfalls nach einem ganz ähnlichen

[1] An und für sich wäre das ja möglich gewesen; denn dieser Kodex ist ein alter Colbertinus.

[2] Dort steht die Übersetzung des Nicolaus Rheginus in class. III f. 48ᵛ—50ᵛ.

Drucke[1]. Der ganze Trug ist also schon hiernach fast mit Händen zu greifen.

Aufmerksam geworden, werden wir jedenfalls nunmehr auch in der Mitte des oben ausgehobenen Satzes ein Fragezeichen errichten zu dem griechischen Worte ἀπρεπῶς, dem im Parisinus das lateinische *incontinenter* gegenübersteht. Auch hier ist das Lateinische allein angemessen; denn gemeint ist doch offenbar der unzusammenhängende, unstete Blick der geistig Getrübten; dagegen von einem ἀπρεπῶς προσβλέπειν, einem unanständigen, lüsternen Blicke kann keine Rede sein. Man könnte aber den Ursprung auch des ἀπρεπῶς zu erfassen glauben, wenn man sich gegenwärtig hält, daß ja jenes *incontinenter* gewöhnlich nicht die obige, hier allein angebrachte Bedeutung hat, sondern vielmehr »unenthaltsam«, »begehrlich« bedeutet. Das ἀπρεπῶς wäre dann weiter nichts als ein Mißgriff des Rückübersetzers Chartier. Aber auch hier belehrt uns der Druck des Jahres 1541 eines Besseren; er bietet nämlich nicht *incontinenter* wie der Parisinus, sondern, offenbar durch Lesefehler, *inconvenienter*, und dem entspricht allerdings das Chartiersche ἀπρεπῶς genau.

Leicht ließen sich, wie man aus der Probe dieser paar Textzeilen abnehmen kann, die Versehen aus der ganzen rückübersetzten Partie häufen. Doch nur wenige, im Nu bewertbare Beispiele, seien aufgeführt. Auf S. 653,4 K. (= 195,6 Ch.) heißt es: οἱ δὲ ἄγρυπνοι στρεφόμενοί εἰσιν. Dem entspricht bei Nicolaus Rheg.: (*quia hii quidem dormiunt mox et profunde et diu*), *hii vero vigiles versute sunt*; aber das Entsprechende stimmt handgreiflich nicht zueinander: das *versute* ist offenbar etwas ganz anderes, als was das στρεφόμενοι ausdrückt. Zu Beginn von S. 658 K. wird es ganz ähnlich wie hier von Nicolaus gebraucht in der Verbindung: *et versute sunt difficile sencientes*; der ganze Zusammenhang lautet dort: *commune autem amborum est, quo et maxime differunt a sompnolenta, quoniam locuntur et delirant nulli herencia menti et ad assurrectiones promptissimi sunt. quorum nullum in litargicis existit cataforis; neque enim seorsum quid locuntur et versute sunt difficile sencientes nec ad clamantes et pungentes excitati faciliter*. Hier steht bei Chartier an der Stelle des *versute* das Wort πανούργως, ganz sinnlos, wie jeder sieht. Der Wechsel (oben entsprach στρεφόμενοι) ist schon an sich verdächtig; denn nach der Gepflogenheit des Nicolaus muß man für *versute* an beiden Stellen das gleiche griechische Wort im Originale voraus-

[1] In der Iuntina des Jahres 1541 erscheint die Übersetzung des Nicolaus Rheg. von De comate zum letzten Male. Durch das Erscheinen der griechischen Edition des Caius (1544) verlor sie, wenigstens für die größere Hälfte der Schrift, die Bedeutung, einzige Quelle zu sein.

setzen. In denjenigen gedruckten[1] Übersetzungen des Nicolaus, bei denen das griechische Original noch erhalten ist, findet sich, soviel ich sehe, das *versute* nicht; es läßt sich also nicht strikte feststellen, welches galenische Wort durch *versute* wiedergegeben wird[2]. Aber auch ohne das ergibt sich: das *versute* kann weder einem ϲτρεφόμενοι noch einem πανούργωϲ entsprechen, vor allem aber nicht das eine Mal dieses, das andere Mal jenes Wort wiedergeben, und wir erkennen deutlich wiederum Mißverständnisse des Rückübersetzers Chartier[3].

Doch jenes ϲτρεφόμενοι läßt uns noch einen tieferen Einblick tun. Woher eigentlich, fragt man sich, dieser Pluralis masculini, wo doch *versute* deutlich ein Adverbium ist? Folgende Beobachtung gibt den Aufschluß. In der lateinischen Iuntina von 1541, die das Büchlein De comate in der Übersetzung des Nicolaus bringt, steht f. 49r D an dieser Stelle nicht *versute*, sondern *versuti*! Damit erst ist alles erklärt und zugleich festgestellt, daß Chartier für seine Rückübersetzung nicht etwa den Parisinus lat. 6865 zugrunde legte, der ganz richtig *versute* gibt, sondern eben jene Iuntina von 1541, und das wird jeder nach Lage der Dinge auch ganz natürlich finden.

Noch ein markantes Beispiel! Auf S. 659,10 ff. K. (= Chart. 197,18 ff.) steht zu lesen (man muß leider die ganze Stelle hersetzen): ἔϲτι δὲ ἡ ἀμφιϲβήτηϲιϲ ἥδε· μεμνημένοϲ Ἱπποκράτηϲ ἐν τῷ Προρρητικῷ τῶν κωματωδῶν ἀγρύπνων ἀπορεῖ, πότερον φρενιτικοὺϲ αὐτοὺϲ ἤ τι ἕτερον ὀνομάϲει· ἔχει δὲ ἐφεξῆϲ οὕτωϲ. »οἱ κωματώδεεϲ ἐν ἀρχῇϲι γινόμενοι« κτἑ· Ist das ἐφεξῆϲ schon innerhalb des ganzen Satzbaus anpassend, so wird es ganz unmöglich dadurch, daß οἱ κωματώδεεϲ κτἑ. die allerersten Worte des Prorrhetikon sind; vgl. Hipp. ed. Littré V 510. Was hat nun Nicolaus? Nur die folgenden Worte seien herausgehoben, in denen diesmal Druck von 1541 und Pariser Handschrift[4]

---

[1] Am bequemsten zusammen zugänglich in der lateinischen Ausgabe des Galenus von Diomedes Bonardus, Venedig 1490.

[2] Kalbfleisch, den ich befragte, dachte an ῥιπταϲτικῶϲ, Schöne an δεινῶϲ (attiz. = ϲφόδρα, πάνυ); im letzteren Falle hätte also Nicolaus, mechanisch wie oft, δεινὸϲ in einer falschen Bedeutung wiedergegeben.

[3] Infolge des Mißverständnisses bei *versute* ist dem Rückübersetzer jene Stelle auf S. 658 K. gänzlich verunglückt. Bei Nicolaus steht richtig, wenn auch nicht ganz leicht verständlich *neque enim seorsum quid locuntur et versute* (so auch der Druck von 1541) *sunt difficile sencientes*, bei Chartier völlig verkehrt S. 196,43 οὔτε γὰρ χωρὶϲ φράζουϲί τι καὶ πανούργωϲ, δυϲαίϲθητοι δ' εἰϲίν, worin außer allem anderen auch noch jenes χωρὶϲ den Rückübersetzer entlarvt; denn wie ich einem vergleichenden Index zu der griechisch erhaltenen Schrift Περὶ ϲυϲτάϲεωϲ ἰατρικῆϲ entnehme (angelegt von P. Warlies, einem Schüler H. Schönes, jetzt im Besitze der Berl. Akad. d. Wiss., Corp. Med.), gibt Nicolaus K. I 282,2 mit *seorsum* das griechische ἀφωριϲμένων oder ἀφωριϲμένωϲ wieder, und damit gewinnen wir allerdings auch für die Stelle in De comate eine echt galenische Ausdrucksweise; vgl. nämlich auch K. I 541 u. ö.

[4] Die Iuntina von 1541 geht in der Schrift De comate durch Mittelglieder, wie z. B. die Iuntinen von 1522 und 1528, auf den ältesten Galenus latinus, den wir

übereinstimmen: *habet autem series ita* usw. Das würde griechisch gelautet haben: ἔχει δ' ἡ ῥῆσις οὕτως. Sogleich ist alles in Ordnung. Hier liegt nur eine Flüchtigkeit des rückübersetzenden Chartier vor; denn nur drei Zeilen weiter hat er für *series* das richtige griechische Wort ῥῆσις gefunden.

Die Beweisstellen kann sich ein jeder leicht vermehren, zumal mit Hilfe von Chartiers eigner Ausgabe, in der dem gefälschten griechischen Texte die Quelle, Nicolaus Rheginus, Satz für Satz gegenübersteht; aber es würde sich nichts wesentlich Neues mehr für das Gesamtresultat ergeben.

5.

Es ist also für das ganze Stück zwischen K. VII 652,17 μαρτυρεῖ und 662,6 ἀπορροῦντος von Galenos Περὶ κώματος die griechische Fassung als trügerisch erwiesen[1]. Vielleicht jedoch haben wir uns darum allzu große Mühe gemacht; vielleicht war es gar nicht nötig, alle anderen Möglichkeiten nach und nach auszuschalten und dann Chartier mit Nicolaus von Rhegium zu konfrontieren, wenn wir eine Bemerkung Chartiers in den Notae (S. 879), die jetzt ohne Beziehung dasteht, kühnlich auf die in Rede befindliche Partie bezogen hätten. Unter Nota 22 zu De comate lesen wir nämlich folgendes Geständnis Chartiers: »Quae his signis [ ] interclusa sunt, in cod. Graeco Caii desiderantur, nos vero versionem Latinam Calabri sequuti Graecum contextum ex variis locis collectum, quoad genuinus Galeni foetus accesserit, condidimus«. Wozu also, könnte uns mancher vorhalten, diese Zeitverschwendung, da hier doch alles klar genug gesagt ist? Ja, wenn nur jene angekündigten [ ] irgendwo in Chartiers Ausgabe des Schriftchens zu finden wären! Und wenn jene Notenziffer 22 korrespondierte mit jenem Stücke des Textes, dessen trügerische Fassung wir entlarvt haben, das wäre mit Chartier S. 195,2—198,14! Aber die Ziffer 22 steht im Texte nicht hier, sondern schon S. 194,18 und überdies auf dieser selben Seite noch gefolgt von den Ziffern bis 27; dann erst kommt jenes zurückübersetzte Stück S. 195,2—198,14 und in der

kennen, nämlich auf den des Diomedes Bonardus, Venedig 1490, zurück, wo des Nicolaus Rheg. Übersetzung von De comate sich in Bd. I f. 131ʳ—132ʳ findet. Von dort her stammen bereits sämtliche Fehler, die wir in der Iuntina von 1541 feststellten. Die Venetiana von 1490 selber jedoch fußt, soviel ich sehe, auf dem Parisinus 6865; denn die Abweichungen lassen sich sämtlich als Flüchtigkeiten und Verlesungen des Druckers erklären.

[1] Ähnlichen Ursprungs sind manche Sätze der Historia philosopha in Chartiers Ausgabe, wie Diels (Doxogr. gr. S. 240) gezeigt hat. Auch der Anfang des Epidemienkommentars scheint eine solche Fälschung Chartiers zu sein; vgl. vorläufig E. Wenkebach im Jahresbericht des Corp. Med., Sitzungs-Ber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912 S. 68.

darauffolgenden Schlußpartie merkwürdigerweise nochmals die doch schon verbrauchten Notenziffern von 23 an. Also völlige Verwirrung! Aus Chartiers Angabe heraus konnte mithin die Fälschung niemals entlarvt werden, sondern nur aus der vollständigen Textgeschichte und aus der Vergleichung des Chartierschen Textes mit der Übersetzung des Nicolaus. Aber allerdings werden wir jetzt jene Note als willkommenes Eingeständnis Chartiers und damit als Bestätigung unserer These begrüßen.

Die Untersuchung hat also nach und nach die griechische Fassung von nicht weniger als der Hälfte des Schriftchens Περὶ κώματος, so wie sie zuerst von Chartier veröffentlicht worden ist, als einen Trug enthüllt. Es hat sich herausgestellt, daß keiner der bisherigen Drucke neben den beiden einzigen erhaltenen Handschriften, dem Laurentianus graec. und dem Parisinus lat., den Wert einer Quelle haben kann. Eine Neuausgabe des Schriftchens würde also ein gar anderes Aussehen tragen als noch die letzte Ausgabe, die Ausgabe von Kühn. Nur das erste und das letzte Stück des Werkes würden in der griechischen Fassung, auf Grund des Laurentianus, herausgegeben werden können; dagegen für die zwischen ihnen stehende Hälfte müßte als Ersatz eintreten des Nicolaus von Rhegium lateinische Übersetzung, die (im Parisinus 6865) für uns die älteste erreichbare Form dieses Teiles darstellt.

Bei Chartier aber wird man in Zukunft in allen Fällen, wo eine äußere Beglaubigung seiner Texte fehlt, doppelt wachsam sein müssen, durch diese zufällig erweisbare Fälschung belehrt.

Ausgegeben am 13. März.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.

XIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

13. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Hellmann las über die Herkunft der Staubfälle im »Dunkelmeer«.

Gegen die africanische Herkunft des röthlichen Staubes, der in dem zwischen den Canarischen und Capverdischen Inseln gelegenen Theil des Atlantischen Oceans häufig fällt, hatte Ehrenberg die Einwendung gemacht, dass es »im Innern von Africa keinen Passatwind und keine rothstaubigen Oberflächen giebt«. Es wird nachgewiesen, dass dies nicht zutrifft, und gezeigt, warum der auch in der westlichen Sahara wehende Nordostpassat gerade das leichte Oberflächenmaterial von röthlicher Farbe auf den Ocean weit hinaus trägt. Damit wird die vom Verfasser 1878 aufgestellte Theorie vom africanischen Ursprung dieser (und der europäischen) Staubfälle weiter befestigt.

2. Hr. Hellmann las ferner über »Psychologisch bedingte Fehler bei meteorologischen Beobachtungen«.

Alle Beobachtungen, auch wenn sie principiell richtig gemacht werden, sind mit unvermeidlichen Beobachtungsfehlern psychologischer Natur behaftet. Diese bestehen in Verlesungen, Schätzungsfehlern und persönlichen Fehlern. Die beiden ersteren erweisen sich durchaus abhängig von der Scalen- oder Maassstabstheilung und zeigen ein gewisses gesetzmässiges Verhalten, während die bei der Zehntelschätzung auftretenden persönlichen Fehler, die sogenannte Decimalgleichung, mehr individueller Natur sind.

Über die Herkunft der Staubfälle im »Dunkelmeer«.

Von G. Hellmann.

1.

Der zwischen den Kanarischen und Kapverdischen Inseln gelegene Teil des Atlantischen Ozeans wurde bereits von dem im 12. Jahrhundert lebenden arabisch-spanischen Gelehrten Edrisi Dunkelmeer (Mare tenebrosum) genannt, weil die daselbst häufig vorkommenden Staubfälle und Lufttrübungen für dieses Gebiet des Ozeans besonders kennzeichnend sind und der Schiffahrt damals gefährlich werden konnten.

Über die Herkunft dieser Staubfälle hatte in der Mitte des vorigen Jahrhunderts namentlich C. G. Ehrenberg eingehende Untersuchungen angestellt, die er in zahlreichen Mitteilungen an die Berliner Akademie der Wissenschaften niedergelegt hat. Er war bei der mikroskopischen Prüfung der ihm eingesandten Staubproben, hauptsächlich bezüglich ihrer organischen Bestandteile, zu dem Ergebnis gelangt, daß der »Passatstaub« nicht aus Afrika, sondern aus Südamerika stamme, weil er organische Formen enthält, die nur aus Amerika bekannt waren. Später nahm er noch an, daß rings um die Erde eine Staubzone in der Atmosphäre schwebe, aus der sich von Zeit zu Zeit Staubwolken zur Erdoberfläche herabsenkten. Aus welchen Ursachen dies geschähe und warum es gerade so häufig im »Dunkelmeer« vorkäme, blieb indessen ganz unerklärt. Jedenfalls aber sprach sich Ehrenberg, der mehr als 30 Jahre hindurch diese Studien aufs eifrigste betrieben hatte, bis an sein Lebensende gegen den afrikanischen Ursprung der Staubfälle nicht bloß im »Dunkelmeer«, sondern auch in Europa aus.

Im Jahre 1878 habe ich dieses Problem von einer ganz anderen, nämlich einer rein meteorologischen Seite aus behandelt und auf Grund der zahlreichen von englischen Schiffen beobachteten Staubfälle zum erstenmal eine systematische Darstellung der Erscheinung hinsichtlich ihres räumlichen und zeitlichen Auftretens usw. gegeben (»Über die auf dem Atlantischen Ozean in der Höhe der Kapverdischen Inseln häufig vorkommenden Staubfälle«, Monatsberichte der Berl. Akad. d. Wiss. 1878, S. 364—403). Ich kam zu dem Schluß, daß die Ehrenbergsche An-

sicht nicht haltbar ist und daß die Staubfälle des »Dunkelmeeres« aus Afrika stammen.

Seitdem ist auch das von deutschen Schiffen gesammelte einschlägige Beobachtungsmaterial durch den verstorbenen Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte, Kapitän Dinklage, wiederholt bearbeitet worden, wodurch meine früheren Schlußfolgerungen durchweg bestätigt und weiter gesichert wurden[1].

Diese Theorie wird jetzt überall, soweit mir die Literatur bekannt geworden ist, als richtig anerkannt. Es läge somit eigentlich kein Grund vor, auf den Gegenstand nochmals zurückzukommen, wenn sich nicht ganz neuerdings die Möglichkeit geboten hätte, zwei Einwürfe von Ehrenberg gegen die afrikanische Herkunft des Staubes zu entkräften, auf die ich damals gar nicht einging, weil einerseits die von mir beigebrachten positiven Tatsachen meine Theorie ohnehin genügend zu stützen schienen und ich anderseits die Unrichtigkeit der beiden Ehrenbergschen Behauptungen nicht beweisen konnte.

Diese beiden Einwendungen, die Ehrenberg gegen den afrikanischen Ursprung des im »Dunkelmeer« fallenden rötlichen Staubes wiederholt machte, waren nämlich erstens die Behauptung, der rötliche Staub könne deshalb nicht aus dem Wüstengebiet Nordafrikas stammen, weil dessen Sand weiß sei, wobei er sich auf seine eigene am Wüstenrand Oberägyptens und in Arabien gemachten Wahrnehmungen berief, und sodann die Unterstellung, daß der Nordostpassat, der zum Transport des Staubes von der Sahara nach dem Dunkelmeer notwendig sei, daselbst gar nicht existiere[2].

Beide Einwürfe sind mir immer sonderbar erschienen. Denn wie kann man aus vereinzelten Beobachtungen am Ostrande der Libyschen Wüste auf die Oberflächenbeschaffenheit des ganzen nordafrikanischen Wüstengürtels schließen, und wie soll man über die Windverhältnisse einer Gegend etwas aussagen können, von der man zu Ehrenbergs Zeiten in dieser Beziehung überhaupt noch nichts Zuverlässiges wußte.

Erst ganz neuerdings sind namentlich durch die zahlreichen militärischen und wissenschaftlichen Expeditionen der Franzosen in der westlichen Sahara und ganz speziell im südlichen Mauretanien, das

[1] Eine zusammenfassende Darstellung der Dinklageschen Arbeiten, die in den »Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie«, Jahrgang 1886 ff., erschienen, findet man in dem von der Deutschen Seewarte herausgegebenen »Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean« (3. Aufl. Hamburg 1910, 8°), in dem ein eigenes Kapitel »Die Staubfälle im Passatgebiet des Nordatlantischen Ozeans« die Frage eingehend behandelt.

[2] »Es giebt im Inneren von Afrika keinen Passatwind und keine rothstaubigen Oberflächen, welche den Passatstaub liefern könnten. Der Sand der Sahara ist weiß und grau ....« Ehrenberg, Passatstaub und Blutregen S. 166; vgl. auch ähnliche Stellen auf S. 9, 29, 39 (Staubring).

als Hinterland des »Dunkelmeeres« hier von besonderem Interesse ist, unsere Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit des Landes und seines Klimas so weit gefördert worden, daß man über die Ehrenbergschen Behauptungen etwas Positives aussagen kann.

2.

Mitten im Wüstengebiet Südmauretaniens, in 18° 30' nördl. Br. und 11° 35' westl. Lg. v. Greenw., haben die Franzosen ein militärisches Fort (Tidjikdja, jetzt Coppolani) angelegt, an dem von dem Kommandanten und dem Arzt seit 1907 meteorologische Beobachtungen angestellt werden[1]. Wenn diese auch nicht lückenlos sind und der Beobachterwechsel von 1907 auf 1908 zu erkennen ist, so gestatten sie doch, sich ein Bild von den daselbst herrschenden Windverhältnissen zu machen. Die Windverteilung, ausgedrückt in Prozenten, ist folgende:

Fort Coppolani.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Januar	35.0	40.3	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Februar	3.5	43.9	50.9	0.0	0.0	1.2	0.0	0.5
März	3.2	26.9	61.8	1.1	0.0	0.0	3.2	3.8
April	14.4	17.8	55.2	0.0	0.0	2.3	6.7	5.6
Mai	4.8	21.0	60.8	1.6	0.0	1.6	4.3	5.9
Juni	3.3	19.4	53.9	3.9	0.0	5.0	7.8	6.7
Juli	0.0	15.1	53.8	1.6	0.0	2.7	12.4	11.5
August	0.0	12.9	64.5	1.1	0.0	0.0	15.6	5.9
September	3.3	20.0	51.7	6.1	0.0	0.6	11.6	6.7
Oktober	0.5	10.2	75.8	0.0	0.0	1.1	5.4	7.0
November	0.0	14.4	72.2	1.1	0.0	0.0	8.8	3.3

Die Beobachtungen im Dezember fehlen in beiden Jahren; Windstillen, die sicherlich vorkommen, wurden nicht unterschieden. In Fort Coppolani herrschen somit das ganze Jahr hindurch fast ausschließlich Ost- und Nordostwinde, also jedenfalls Luftströmungen, die zum Transport des Staubes nach dem etwa 500 km entfernten Ozean die geeignetsten sind. In der kalten Jahreszeit überwiegt die nordöstliche, in der warmen die östliche Richtung, neben der bisweilen noch Winde aus dem westlichen Quadranten vorkommen.

Daß auch westlich vom Fort Coppolani, also näher dem Meere, am häufigsten der Nordostwind anzutreffen ist, geht aus den Beobachtungen hervor, die französische Reisende über die Streichrichtung

[1] Veröffentlicht in den Annales du Bureau Central Météorologique de France für die Jahre 1907—1909. Die Lage von Fort Coppolani ersieht man aus der Karte, die sich auf Seite 4/5 der Zeitschrift »La Géographie«, Bd. XXII, 1910 befindet. Die oben angegebenen Positionsbestimmungen sind noch ungenau.

und den Bau der Dünen landeinwärts zwischen der Mündung des Senegals und Kap Mirik gemacht haben[1]. Ebenso hat der Geologe Quiroga östlich von der Küste des spanischen Gebietes Rio de Oro nach dem Innern zu fast ausschließlich Nordostwind beobachtet, der bei Tage stürmisch wehte und große Mengen Staub mit sich führte[2].

Von nördlicher gelegenen Gebieten der westlichen Sahara, die für die Staubfälle im »Dunkelmeer« in Betracht kommen, ist neuerdings nur von zwei Orten an der Küste, nämlich von Port Étienne (20° 57' nördl. Br., 17° 3' westl. Lg. v. Greenw.) bei Kap Blanco und von Kap Dschuby gegenüber den Kanarischen Inseln, die Windverteilung durch systematische Beobachtungen genügend bekannt geworden, während aus der großen Sandwüste Igidi solche naturgemäß fehlen. Indessen können die südlichsten Stationen der algerischen Sahara, nämlich Adrar (27° 18' nördl. Br., 0° 5' westl. Lg. v. Greenw.) und In-Salah (27° 17' nördl. Br., 2° 27' östl. Lg. v. Greenw.), zur Entscheidung der Frage nach dem Regime der Winde in der westlichen Sahara gute Dienste leisten.

Aus dreimal am Tage angestellten Beobachtungen ergibt sich die nachstehende Windverteilung, die wieder in Prozenten ausgedrückt ist. In Adrar und Port Étienne wurden Windstillen nicht unterschieden.

Adrar und In-Salah liegen in Oasen des algerischen Wüstengebietes (Erg) und weisen fast die gleichen Windverhältnisse auf: das ganze Jahr hindurch ist Nordost der bei weitem vorherrschende Wind, neben dem nur in den Monaten März bis Juni Winde aus W, SW und S in nennenswerter Zahl vorkommen.

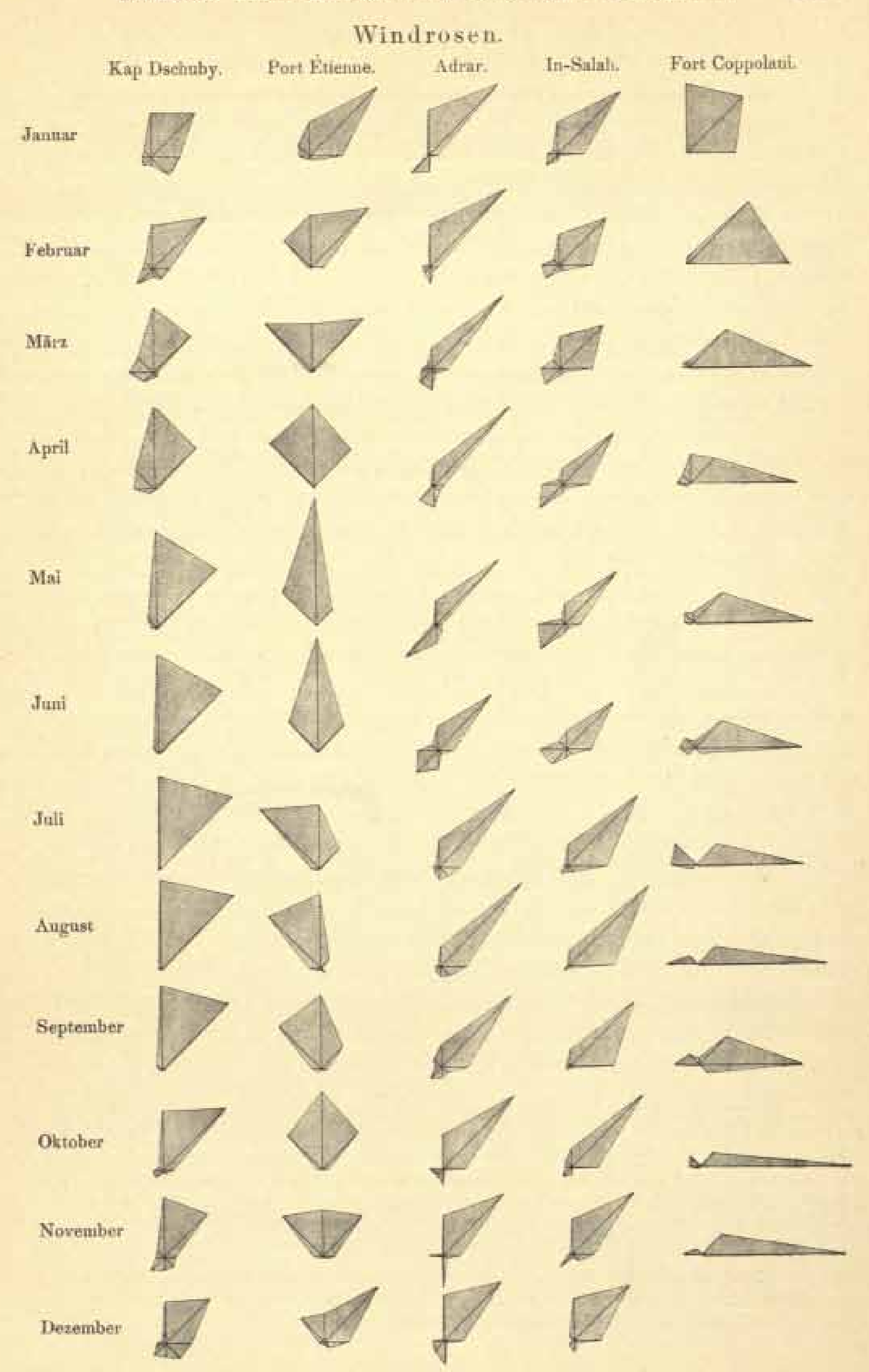
An der westafrikanischen Küste, an der wegen des starken Temperaturgegensatzes zwischen einer kalten Meeresströmung und dem heißen Landinnern kräftig entwickelte Seewinde auftreten, muß man von vornherein eine von der im Binnenland herrschenden verschiedene Windverteilung erwarten. Bei Kap Dschuby weht der Wind am häufigsten aus NO und N, welch letzterer Richtung in den Monaten März bis Juni das Maximum zukommt. In Port Étienne, das wegen seiner Lage auf der schmalen Halbinsel, welche die Baie du Lévrier vom Ozean abschneidet, wahrscheinlich etwas lokal modifizierte Windverhältnisse hat, ist der Nordostwind vom Dezember bis zum März vorherrschend, während in

[1] »Ces anciens Sbar (dune côtière) ont été modifiés par l'action des alizés du nord-est, dont l'influence croît quand on s'éloigne du rivage . . . .« Paul Lemoine, Le Littoral de la Mauritanie (La Géographie, Bull. de la Soc. de Géogr., XXV, 1912, S. 282—284).

[2] F. Quiroga, Observaciones geológicas hechas en el Sáhara occidental (Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, XVIII, 1889).

Windverteilung in Prozenten.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Windstille
Kap Dschuby (20 Jahre).									
Januar	22.8	31.0	14.2	12.3	3.9	5.5	4.2	4.8	1.3
Februar	21.8	37.4	8.2	6.4	4.3	10.4	5.4	5.0	1.1
März	31.9	25.8	1.9	2.6	2.9	6.8	11.9	10.6	2.9
April	41.7	28.7	1.3	0.7	0.3	3.3	10.3	13.0	0.7
Mai	47.8	41.7	0.6	0.3	0.0	0.6	2.6	6.1	0.3
Juni	49.3	44.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.3	1.0
Juli	46.8	51.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0
August	44.5	52.0	1.0	0.3	0.0	0.3	0.6	1.0	0.3
September	42.7	47.4	1.3	0.3	0.3	0.3	1.3	3.4	3.0
Oktober	29.7	44.5	4.8	1.9	1.0	5.2	4.8	2.6	5.5
November	30.0	30.7	5.7	6.6	6.7	9.3	4.3	4.7	2.0
Dezember	21.0	31.9	12.9	10.3	7.1	7.7	4.2	2.6	2.3
Adrar (1903—1909).									
Januar	22.6	49.8	4.6	1.2	8.3	12.5	0.4	0.6	—
Februar	21.0	54.4	4.0	2.9	8.8	4.2	3.8	0.9	—
März	10.6	51.4	8.1	2.9	10.5	8.5	4.9	3.1	—
April	10.4	55.2	5.2	4.3	10.9	10.2	1.5	2.0	—
Mai	12.4	45.2	2.6	4.3	9.3	22.3	2.2	1.7	—
Juni	11.9	38.8	8.1	2.7	9.4	15.0	10.3	3.8	—
Juli	14.0	55.1	10.8	6.2	6.0	3.0	3.0	1.9	—
August	9.9	58.9	12.5	6.5	4.9	3.0	2.6	1.7	—
September	11.3	50.3	13.1	3.8	5.3	7.8	3.3	5.1	—
Oktober	17.1	51.6	11.2	1.0	8.4	4.2	6.5	0.0	—
November	20.1	43.3	8.6	2.4	16.3	1.1	7.3	0.9	—
Dezember	22.7	41.3	9.2	1.3	11.9	7.1	5.2	1.3	—
In-Salah (1903—1909).									
Januar	16.0	44.7	13.4	0.9	3.2	8.0	4.9	3.4	5.5
Februar	15.2	33.5	17.0	4.0	2.9	9.1	8.6	4.0	5.7
März	15.8	30.3	16.0	2.5	3.4	10.6	10.1	5.5	5.8
April	8.3	37.0	13.3	2.7	4.3	16.2	10.3	3.5	4.4
Mai	10.0	37.6	8.3	3.0	4.5	17.3	12.9	3.1	3.3
Juni	9.0	33.2	12.4	3.8	4.3	10.8	13.3	5.4	7.8
Juli	10.8	50.2	19.8	4.1	3.2	4.8	2.0	2.0	3.1
August	7.2	56.5	22.6	2.0	1.4	3.5	1.1	0.9	4.8
September	8.4	45.6	21.9	1.4	1.1	2.7	2.1	2.5	14.3
Oktober	9.2	51.0	13.8	0.9	4.0	5.7	3.1	3.8	8.4
November	17.6	43.5	10.7	4.6	2.0	8.7	2.0	1.5	9.4
Dezember	20.8	39.6	13.2	2.3	5.9	3.4	1.5	3.2	11.3
Port Étienne (1907—1909).									
Januar	17.0	48.3	15.9	2.8	1.5	1.8	3.7	7.7	1.9
Februar	26.2	43.9	6.3	0.0	1.2	0.0	1.2	18.8	2.4
März	23.5	36.6	1.1	0.7	0.4	0.7	2.2	33.0	1.8
April	40.8	26.6	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	31.1	0.4
Mai	64.9	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	0.0
Juni	57.8	18.5	0.0	0.0	0.4	0.4	0.7	20.7	1.5
Juli	31.9	14.3	0.4	0.0	0.4	1.1	3.6	42.2	6.1
August	37.3	6.1	0.7	3.2	1.1	1.8	5.7	36.6	7.5
September	37.0	15.6	3.0	1.5	0.4	2.2	4.8	30.0	5.5
Oktober	39.4	25.8	2.5	0.0	0.0	0.0	2.2	24.7	5.4
November	23.3	28.5	5.2	1.1	0.0	0.7	4.5	28.9	7.8
Dezember	14.3	38.8	11.8	3.2	1.4	1.1	2.9	16.5	10.0


Windrosen.
Kap Dschuby.
Port Étienne.
Adrar.
In-Salah.
Fort Coppolani.
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember

den übrigen Monaten der Nordwind das Übergewicht hat. Doch treten vom Juli bis zum Oktober auch häufig Nordwestwinde auf.

Ganz ähnliche Windverhältnisse wie an diesen beiden Punkten der Küste bestehen auf den küstennahen Teilen des Ozeans selbst; denn erst viel weiter draußen auf dem offenen Atlantik herrscht der reine Nordostpassat. Berücksichtigt man, daß sich auf dem undulierten Terrain des westafrikanischen Wüstengebietes Modifikationen der allgemeinen ozeanischen Luftströmungen einstellen müssen, so kommt man zu dem Schluß, daß in der westlichen Sahara, von etwa 18° bis 28° nördl. Br., während der kalten Jahreszeit (der Zeit der häufigsten Staubfälle im »Dunkelmeer«) gleichfalls der Nordostpassat weht, dem auch in den übrigen Monaten, bald als Nordost-, bald als Ostwind, eine dominierende Stellung zukommt[1].

Nun könnte es scheinen, als ob die von Lenz auf seiner Expedition von Südmarokko nach Timbuktu bis tief in die Igidi hinein (beiläufig 22° nördl. Br.) beobachteten West- und Nordwestwinde gegen dieses Resultat sprächen; allein diese Aufzeichnungen wurden im Mai gemacht, in dem nach den eben mitgeteilten Windrosen der festen Stationen Winde aus dem westlichen Quadranten ohnehin häufiger auftreten. Es liegt möglicherweise aber auch eine Anomalie des Mai 1880 vor, da ja selbst in diesen Gegenden die Windverhältnisse Jahr für Jahr durchaus nicht genau dieselben sind. Dafür spricht nämlich der Umstand, daß Lenz die Winde als besonders kalt und heftig bezeichnet.

Wie weit die Vorherrschaft der östlichen Winde in der westlichen Sahara nach Osten hin reicht, läßt sich zur Zeit noch nicht mit Sicherheit angeben. Foureau hat sie auf seiner Expedition in 6° bis 8° östl. Lg. noch sehr häufig angetroffen, und zwar im Winter im eigentlichen Wüstengebiet, im Frühjahr und Sommer auf den Gebirgsschwellen von Tassili, Ahaggar und Aïr. Noch weiter östlich beginnt allmählich die Vorherrschaft des Nordwindes, der in der Libyschen Wüste und im Niltal durchaus dominiert.

Jedenfalls zeigt die vorstehende Untersuchung, daß in der westlichen Sahara die zum Transport des Staubes nach dem »Dunkelmeer« nötigen Luftströmungen vorhanden sind.

---

[1] Bereits im vorigen Jahrhundert haben deutsche Geographen, wie Ritter, Peschel und Th. Fischer, sowie der Pflanzengeograph Grisebach die Herrschaft des Nordostpassats in der Sahara angenommen und sie zur Erklärung ihres Wüstencharakters benutzt. Der letztgenannte behauptete sogar »die Sahara ist das Gebiet der ungehemmt herrschenden Passatströmung« (Die Vegetation der Erde, 2. Aufl., 1884, II, S. 70). Sie taten dies aber, ohne irgendwelche systematische Beobachtungen dafür beizubringen, worauf schon Schirmer hinwies, der in seinem Werk »Le Sahara« (Paris 1893, 8°, S. 30) die Windverhältnisse auf Grund wirklicher Aufzeichnungen zuerst richtiger darstellte. Die oben von mir beigebrachten neuen Resultate verändern freilich auch dessen Anschauungen nicht unerheblich.

3.

Ich gehe nun zur Prüfung der zweiten Ehrenbergschen Behauptung über, daß es in der Sahara keinen rötlichen Staub gäbe, der das Material für die Staubfälle im Dunkelmeer liefern könnte.

Allerdings gibt es im nordafrikanischen Wüstengebiet viel hellfarbigen Sand, der oft als grauweiß, häufiger noch als gelb bezeichnet wird. So schildert z. B. Lenz den äußeren und mittleren Dünengürtel der Igidi als aus »lichtweingelbem Quarzsand« bestehend; auch im Erg der algerischen Sahara hat der Sand nach dem vielfachen Zeugnis der französischen Reisenden[1] häufig diese Farbe. Dafür kommen aber auch weite Gebiete vor, wo die Bodenoberfläche aus rotem oder rötlichem (braunrotem, rosafarbenem) Sand bzw. Sandstaub besteht. Nachdem ich die ältere und neuere einschlägige Reiseliteratur daraufhin durchgesehen habe, bin ich zu dem Ergebnis gekommen, daß gerade in Mauretanien, dem Hinterland des »Dunkelmeers«, roter Sand häufig angetroffen wird und daß allgemein in dem inneren Teil des Wüstengürtels sowohl der Sahara wie der Libyschen Wüste rötlicher Sand viel öfter vorkommt als am Außenrande.

Zeugnisse dafür findet man bezüglich Mauretaniens schon bei Lenz (Timbuktu II S. 74ff.) sowie namentlich in den Berichten der neueren französischen Expeditionen, die der Oberflächenbeschaffenheit viel Aufmerksamkeit geschenkt haben. Ich verweise insbesondere auf »La Géographie« Bd. XXI S. 245ff., wo die Dünen Südmauretaniens »rouge vif« genannt werden und auf dieselbe Zeitschrift Bd. XXV S. 282ff., wo Lemoine die Dünen landeinwärts der Wüste vom Senegal bis Kap Mirik nach den Aufnahmen von Chudeau, Gruvel und anderen gleichfalls als aus roten Sanden bestehend schildert. Ebenso wichtig sind die Angaben Foureaus über den großen Erg in der algerischen Sahara (Mission Saharienne S. 560, 567ff.).

Auch die Expeditionen, die weiter östlich die zentrale Sahara von Norden nach Süden gequert haben, berichten oft von rotem Sande oder Staub, der den Boden von ganz verschiedener geologischer Unterlage bedeckt und, vom Winde aufgewirbelt, die Landschaft — z. B. Air und Adrar von Iforass im Sommer — in einen rötlichen Nebel einhüllt. Besonders lehrreich ist in dieser Beziehung der petrographische Teil von Foureaus bereits genanntem Werk und der Reisebericht von E. F. Gautier (La Géographie Bd. XVII, 1908, S. 266ff.).

Ferner kommt im Süden von Tunesien und Tripolitanien sowie im Fessan roter Sand als Bodenbedeckung vielfach vor; und daß er

[1] Vgl. namentlich Foureau, Mission Saharienne S. 557. — Igidi bedeutet im Tamatschek dasselbe wie erg (plur. areg) im Arabischen, nämlich Dünenmassiv.

auch in der Libyschen Wüste große Verbreitung haben muß, geht aus zahlreichen Stellen der 2. Auflage von J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung (Leipzig 1912, 8°) zur Genüge hervor.

Der rote Sand Nordafrikas scheint vorzugsweise aus Quarzkörnchen mit einem zarten Überzug von Eisenoxyd, der ihm die Farbe gibt, zu bestehen; vielfach wird leicht zerbröckelnder roter Ton als Ursprung angegeben, bisweilen wird er auch als äußerst feiner, staubartiger Tuff bezeichnet. Die Herkunft des leichten roten Oberflächenmaterials zu ermitteln, muß ich den Geologen überlassen, hier genügt es festzustellen, daß es vorhanden ist.

Da also in den Wüsten Nordafrikas Sand und Staub von sehr verschiedener Farbe als Bodenbedeckung nebeneinander vorkommt, entsteht die Frage, wie die bei den Staubfällen des »Dunkelmeeres«, ebenso wie bei den in Europa, vorzugsweise beobachtete rötliche Farbe des Staubes zu erklären ist. Die Wirbelstürme, die das leichte Oberflächenmaterial emporheben und mit forttragen, brausen natürlich über gelben wie roten Sand gleichmäßig dahin, und nur von der Korngröße kann es abhängen, wie lange der Sand und Staub sich in der Luft schwebend hält und demgemäß auch wie weit er von den Luftströmungen verfrachtet wird. Nun ist gerade den deutschen Schiffsberichten zufolge die gelbliche Färbung des Staubes verhältnismäßig viel häufiger in der Nähe der afrikanischen Küste als in weiterem Abstande von ihr beobachtet worden. In verschiedenen Fällen findet sich auch für denselben Staubfall, dessen Fortschreiten mit dem Winde in südwestlicher oder westlicher Richtung in den Berichten verfolgt werden kann, ein Unterschied in der Farbe angegeben, je nachdem er näher der Küste oder weiter landabwärts stattfand. Während die Farbe des Niederschlages dort als gelb oder gelblich bezeichnet ist, ist sie hier als rot oder rötlich notiert (Dinklage).

Daraus folgt, daß der gelbliche Sand gröber und darum schwerer als der rötliche sein muß, der schon am Ursprungsort oftmals ein feines pulverartiges Aussehen hat. Leider besitzen wir noch sehr wenige genaue mikroskopische Analysen und gar keine Wägungen von verschiedenen Sorten nordafrikanischen Sandes und Staubes, um darüber sicher entscheiden zu können, aber in diesem Zusammenhange scheint mir wichtig zu sein, was Lenz (Timbuktu II S. 59) über den Sand der Igidi mitteilt, deren ungeheure Dünen dem »Dunkelmeer« am nächsten liegen: »Bemerkenswert ist die Reinheit des (lichtweingelben) Sandes, der nicht nur wenig Staub enthält, sondern fast ausschließlich aus bis hirsekorngroßen Körnern von Quarz besteht.« Hält man dagegen, was neuere französische Reisende von dem poudre impalpable d'argile rouge aus dem Innern der westlichen Sahara be-

richten[1], so muß man den oben angeführten Grund für das vorzugsweise Auftreten der roten Farbe bei den Staubfällen im »Dunkelmeer« als höchst wahrscheinlich bezeichnen.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung liefert »Der große Staubfall vom 9. bis 12. März 1901 in Nordafrika, Süd- und Mitteleuropa. Von G. Hellmann und W. Meinardus« (Berlin 1901, 4°), bei dem in Tripolis und Tunis noch gelblicher Sand, aber schon in Sizilien und weiter nordwärts rötlicher fiel, und bei dem eine von Süden nach Norden fortschreitende Saigerung des Staubes nachgewiesen werden konnte. In Palermo hatte die Mehrzahl der Staubteilchen eine Größe von 0.011 bis 0.013 mm, in Bergedorf bei Hamburg aber nur von 0.0038 bis 0.009 mm.

4.

Damit glaube ich die beiden Ehrenbergschen Einwürfe gegen den afrikanischen Ursprung der Staubfälle im »Dunkelmeer« entkräftet zu haben. Was seine spätere Anschauung über das Vorhandensein einer Staubzone in der Atmosphäre betrifft, so kann ja kein Zweifel darüber sein, daß überall in der Atmosphäre Staub vorhanden ist. Es liegt aber kein Grund zu der Annahme vor, daß gerade in einer bestimmten Breite rings um die Erde eine solche Zone bestehe, und es bliebe vollkommen unerklärlich, warum bisweilen in dem einen oder anderen Gebiet der Erde, und besonders häufig im »Dunkelmeer«, Staubmengen daraus auf die Erde herab fallen sollten.

Staubfälle kommen überall an den Randgebieten von Wüsten oder ariden Ländern vor und sind jedesmal eine Begleit- bzw. Folgeerscheinung besonderer meteorologischer Vorgänge.

So bringt an den Küsten Ostasiens der in der kalten Jahreszeit wehende Nordwestwind große Staubmengen aus den Wüsten- und Lößgebieten des Innern, so daß man in der Ebene von Peking-Tientsin, ja wohl allgemein in der Mongolei[2] diesen Wind den »gelben Wind« nennt. Auch hier werden die Staubmengen bisweilen weit aufs Meer hinausgetragen. Ebenso sind in Nordamerika in der Umgebung der Gila- und Mohawewüste Staubfälle häufig. Überall da, wo Wüsten oder periodisch ganz trocken werdende Landgebiete mit leichtem Oberflächenmaterial bedeckt sind, macht sich eben ihr Einfluß auf die Nachbargebiete auch durch Staubfälle bemerkbar, und es hängt nur von den Windverhältnissen ab, auf welcher Seite die Staubmengen am häufigsten niederfallen. Im »Dunkelmeer« ist es der ziemlich stetig wehende Passatwind, der den

[1] »La Géographie« XV S. 6 und XVII S. 266.

[2] Vgl. Bull. de la Soc. Belge d'Astronomie XXXIII[e] année, 1912, S. 39, wo die Staubfälle in der südlichen Mongolei geschildert werden.

Staub so oft auf den Atlantischen Ozean hinausträgt. Gelangt der nordafrikanische Staub aber in eine obere mächtige südliche Luftströmung, dann wird er nach Norden getragen, wie die ziemlich häufigen Staubfälle in Sizilien und Unteritalien beweisen, wo sie seit dem Altertum als »Blutregen« bekannt sind, und gestalten sich die Windverhältnisse besonders günstig, dann kommen selbst in Mittel- und Nordeuropa solche Staubfälle vor. In einigen wenigen Fällen hat sich ein fast gleichzeitiger Staubfall im »Dunkelmeer« und in Europa nachweisen lassen; so am 19. bis 23. Februar 1903 und am 9. bis 12. März 1901, für den mir Dinklage das auf den Atlantik bezügliche Material nach dem Erscheinen der obengenannten Monographie handschriftlich zugehen ließ. Danach war auf dem Dunkelmeer vom 6. bis 9. März 1901 die Luft besonders staubreich.

Aber auch auf der Südseite der Sahara macht sich deren Nachbarschaft durch staubführende Winde und trockene Nebel oft bemerkbar. So findet man in den Beobachtungsjournalen der wenigen daselbst bestehenden meteorologischen Stationen, wie Kayes am unteren Senegal, Timbuktu am Niger und selbst noch Fort Lamy im südlichen Tschadseegebiet, in den Monaten November bis März sehr häufig die Eintragung: »brouillard sec toute la matinée, poussière vers 12^h«.

Ganz ähnlich verhält es sich auf der Nordseite des chinesischen Wüstengebietes, wo die Atmosphäre namentlich im Sommer fast beständig durch Staub getrübt ist.

Psychologisch bedingte Fehler bei meteorologischen Beobachtungen.

Von G. Hellmann.

Bei fast allen meteorologischen Beobachtungen kommen psychologisch bedingte Fehler vor, über die noch wenig bekannt ist und mit denen sich die nachstehende Untersuchung beschäftigt.

Es wird also vorausgesetzt, daß die Beobachtungen prinzipiell richtig gemacht werden und daß es sich nur um die sogenannten unvermeidlichen Beobachtungsfehler handelt, die teils systematischer, teils zufälliger Natur sind.

I.

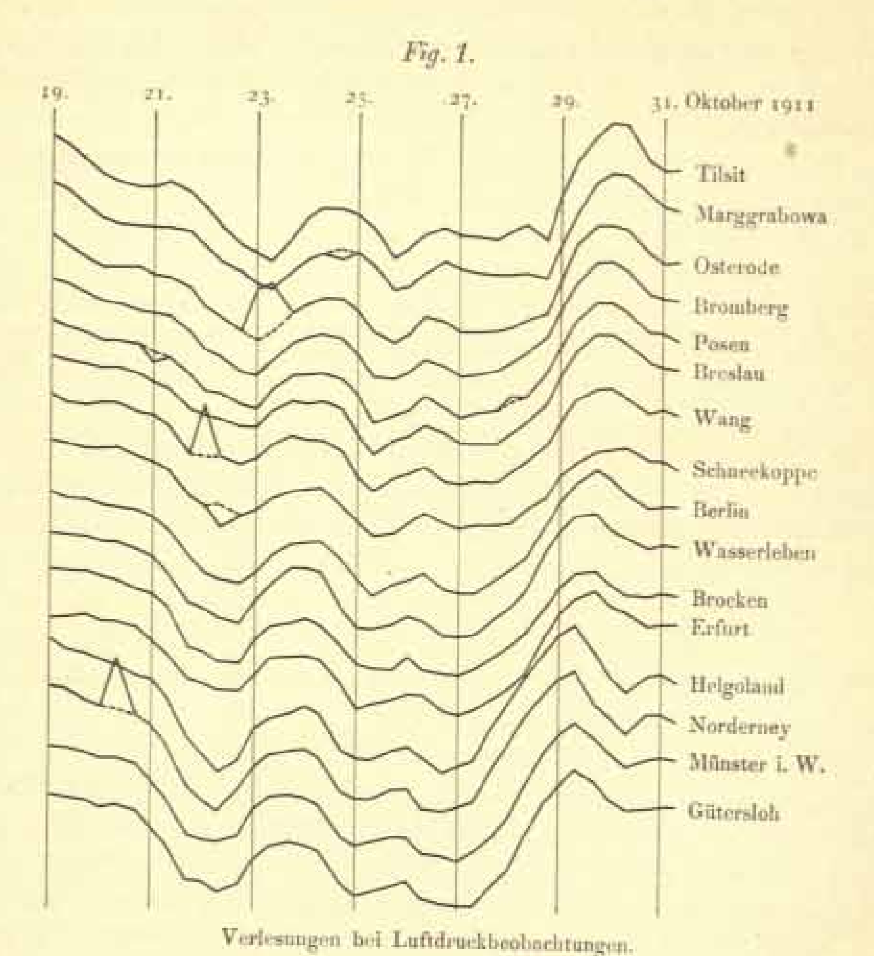
Bei den Beobachtungen an Instrumenten mit Maßteilungen, wie dem Barometer, Thermometer, Hygrometer u. a., kommen zunächst die Verlesungen in Betracht, die viel häufiger sind als man wohl annimmt. Das Interessante und fast Gesetzmäßige an ihnen besteht darin, daß es meistens Ablesefehler um runde Vielfache der Skaleneinheit sind, wie namentlich 10, 5, 2, und zwar in beiderlei Sinn, zu hoch und zu niedrig.

Auf Stationen mit Registrierapparaten erfolgt die Auffindung solcher bei den direkten Beobachtungen gemachten Verlesungen natürlich am sichersten, doch auch ohne diese geschieht sie beim Barometer leicht, weil die Änderungen des Luftdrucks an benachbarten Stationen einander sehr ähnlich verlaufen. Die graphische Darstellung des Barometerganges nach den dreimal am Tage angestellten Beobachtungen der zu prüfenden Stationen ist daher das geeignetste Mittel zur Erkennung dieser Art von Fehlern. Der in Fig. 1 gegebene Ausschnitt aus den Kurven des Monats Oktober 1911 für norddeutsche Stationen gibt dafür ein Beispiel.

Die voll ausgezogenen Kurven sind nach den im Tagebuch eingetragenen Beobachtungen gezeichnet und zeigen bei einigen Stationen merkliche Abweichungen von denen der Nachbarstationen, die auf Verlesungen beruhen, während die gestrichelten Kurvenstücke den von

diesen Fehlern befreiten wahrscheinlichen Verlauf geben. Die Verlesungen betragen hiernach in: Marggrabowa 2, Osterode 10, Posen 2 und 1, Wang 10, Schneekoppe 5, Norderney 10 mm.

Fig. 1.



Verlesungen bei Luftdruckbeobachtungen.

Beim Thermometer lassen sich Verlesungen weit schwerer erkennen als beim Barometer, doch geben die gleichzeitigen Ablesungen am trockenen und feuchten Thermometer des Psychrometers sowie an den Extremthermometern eine gegenseitige Kontrolle ab. Es kommt allerdings auch vor, daß beide Ablesungen am Psychrometer in gleicher Weise falsch sind.

Daß die Verlesungen meist runde Vielfache der Maßeinheit sind, wird offenbar durch die Art der Teilung bedingt. Sowohl beim Barometer wie beim Thermometer pflegen die Zehner durch längere Striche gekennzeichnet und außerdem beziffert zu sein, während die Fünfer entweder nur einen langen Strich oder einen solchen mit Pfeilenden haben. Diese Symmetrie der Teilung führt hauptsächlich zu den Ver-

lesungen um 10 und 5 Einheiten. Würden die Skalen von 5 zu 5 Einheiten beziffert sein, dann würden die Verlesungen um 10 Einheiten wahrscheinlich viel seltener auftreten.

Die eben besprochenen Fehler sind nach meiner Erfahrung in der überwiegenden Mehrzahl von Fällen wirkliche Verlesungen, die bei der Ablesung der Skala gemacht und vom Beobachter so ins Tagebuch eingetragen werden. Es kommt aber auch vor, daß noch richtig abgelesen, beim Niederschreiben ins Journal aber eine Verschreibung begangen wird. Alsdann kann innerhalb der Reihe von Beobachtungen an verschiedenen Instrumenten, wie sie die üblichen meteorologischen Termine in rascher Aufeinanderfolge mit sich bringen, oft eine Beeinflussung durch die unmittelbar vorhergehende Ablesung deutlich erkannt werden, die bei einer Einzelbeobachtung natürlich fortfällt.

2.

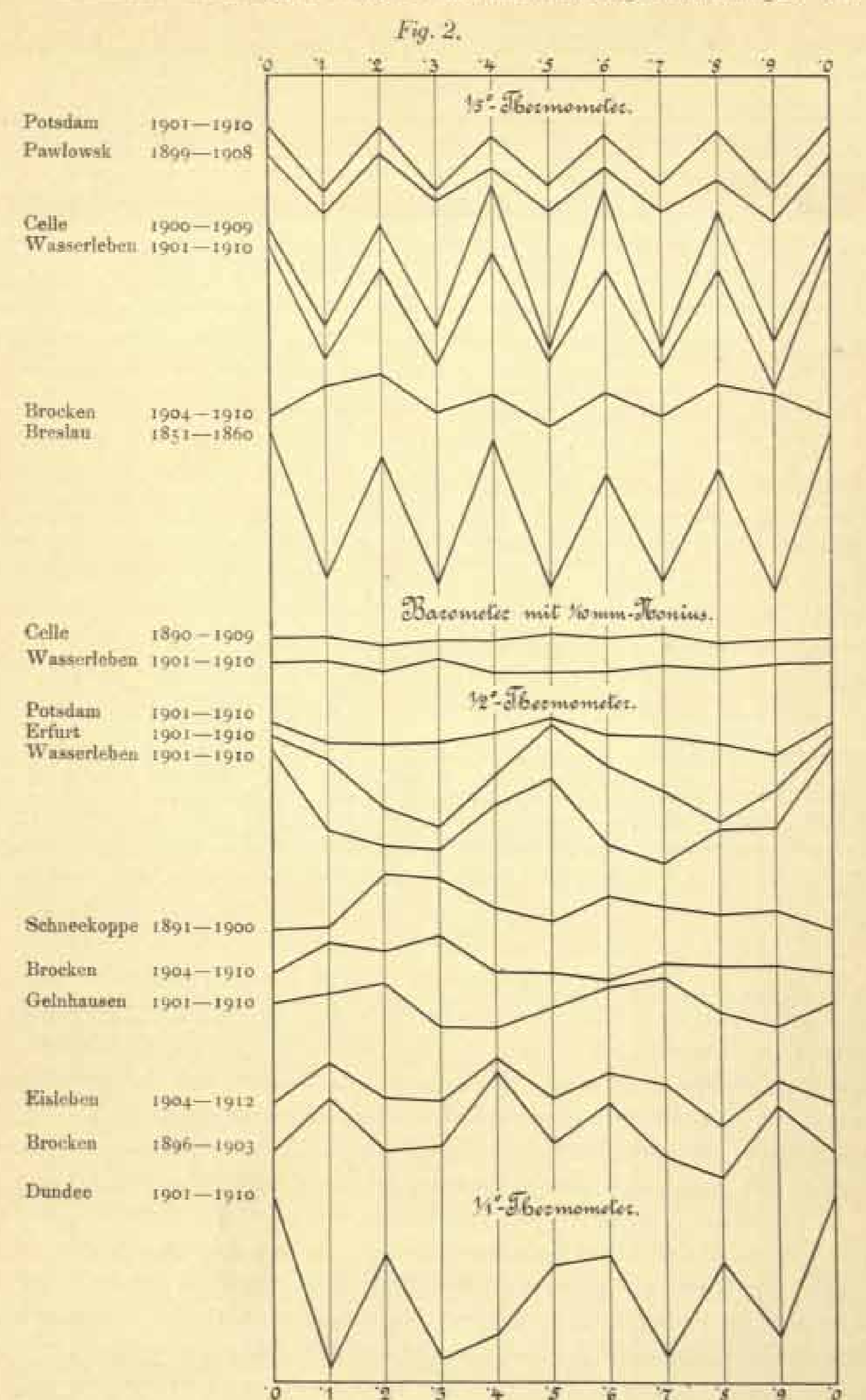
Eine zweite Art von Ablesefehlern beruht auf falscher Schätzung und betrifft die Zehntel der Skaleneinheit. Ich wurde erst kürzlich auf sie aufmerksam, als ich bei der Besichtigung einer meteorologischen Station III. Ordnung, die zur Bestimmung der Lufttemperatur ein in $^1/_2$° geteiltes Quecksilberthermometer hat, die Wahrnehmung machte, daß bei den Temperaturnotierungen im Tagebuch fast ausschließlich die Dezimalen 0, 2, 5 und 7 vorkamen, daß also der Beobachter nur Viertelgrade ablas statt Zehntelgrade, wie die Instruktion vorschreibt. Das veranlaßte mich, nachzusehen, inwieweit die Instruktion befolgt wird und insbesondere, ob an guten Stationen bei einer genügend großen Zahl von Ablesungen alle Dezimalen annähernd gleich häufig vertreten sind. Denn, welches auch die mittlere Temperatur eines Ortes sein mag, bei den fortwährenden Schwankungen der Temperatur nach oben und nach unten ist das Vorkommen der einzelnen Zehntel gleich wahrscheinlich.

Zur Prüfung wählte ich zunächst Stationen I. und II. Ordnung, an denen $^1/_5$°-Thermometer gebraucht werden (Psychrometer). Die geraden Zehntel sind bei ihnen durch kurze Teilstriche bezeichnet, die ungeraden müssen geschätzt werden. Die erste untersuchte Station war Potsdam, wo am Meteorologisch-Magnetischen Observatorium von drei geschulten Beobachtern, die sich wöchentlich ablösen, die Thermometer in der englischen Hütte um 7^a, 2^p, 9^p abgelesen werden. Das Resultat der auf 10 Jahre, also auf 10956 Einzelablesungen, ausgedehnten Prüfung war mir höchst überraschend. Es zeigte sich — siehe Tabelle und Fig. 2 —, daß von einer gleichen Häufigkeit im Vorkommen der Dezimalstellen keine Rede ist, daß vielmehr gleich-

Häufigkeit des Vorkommens der Zehntel-Grad bzw. -Millimeter bei den Ablesungen, ausgedrückt in Promillen.

			·0	·1	·2	·3	·4	·5	·6	·7	·8	·9	·0	Summe der Beobachtungen
								$^{1}/_{2}{}^{0}$-Thermometer.						
Potsdam	(1901—1910)	7ª	128.4	75.6	124.6	73.1	119.7	84.1	117.7	81.9	122.1	72.8	128.4	3652
		2P	123.5	83.5	121.3	81.9	108.4	83.2	115.3	82.4	116.4	84.1	123.5	3652
		9P	121.3	71.5	124.0	79.4	122.9	77.2	121.6	82.2	124.0	75.9	121.3	3652
		Summe	124.4	76.9	123.3	78.1	117.0	81.5	118.2	82.2	120.9	77.5	124.4	10956
Celle	(1890—1909)	7ª	137.5	57.5	145.1	49.9	172.2	43.4	161.8	40.1	137.3	55.2	137.5	7304
		2P	125.1	60.2	150.1	60.4	152.1	47.0	149.1	50.7	149.4	56.0	125.1	7304
		9P	119.4	77.1	111.6	83.9	131.2	70.8	131.7	75.0	129.5	69.8	119.4	7304
		Summe	127.3	64.9	135.6	64.7	151.9	53.7	147.6	55.3	138.7	60.3	127.3	21912
	(1890—1899)	Summe	122.2	66.9	137.5	69.0	141.6	61.0	136.7	62.7	134.1	68.3	122.2	10956
	(1900—1909)	Summe	132.4	63.0	133.6	60.4	162.1	46.5	158.3	47.9	143.4	52.4	132.4	10956
Pawlowsk	(1899—1908)	Summe	123.2	81.5	124.2	91.1	114.6	84.0	114.9	83.5	106.1	76.9	123.2	10956
Schneekoppe	(1891—1900)	Summe	104.7	110.3	107.7	96.6	104.2	91.3	100.6	95.9	97.9	90.8	104.7	10956
Brocken	(1896—1903)	Summe	101.4	99.4	111.4	100.8	109.0	88.4	102.7	93.8	106.5	86.6	101.4	8763
	(1904—1910)	Summe	87.9	109.5	118.4	90.9	103.5	81.2	105.2	88.6	111.3	103.5	87.9	7671
Wasserleben	(1901—1910)	Summe	148.6	69.1	132.3	64.7	143.1	67.8	132.2	62.8	131.9	47.5	148.6	10956
Breslau	(1851—1860)	Summe	167.3	53.7	149.5	49.9	160.4	46.2	137.3	51.1	140.9	43.7	167.3	10959
Langres	(1899—1908)	Summe	255.8	0.5	211.6	0.5	177.4	0.8	170.7	0.3	182.2	0.2	255.8	10952
								Barometer mit $^{1}/_{10}$ mm-Nonius.						
Celle	(1890—1899)	Summe	99.5	100.9	94.8	99.2	100.8	107.1	101.9	105.2	93.2	97.4	99.5	10956
	(1900—1909)	Summe	102.4	102.5	96.4	99.3	97.0	99.3	99.1	101.4	101.7	100.9	102.4	10956
	(1890—1909)	Summe	101.0	101.7	95.6	99.3	98.9	103.2	100.5	103.3	97.4	99.1	101.0	21912
Wasserleben	(1901—1910)	Summe	103.2	104.4	96.9	105.6	96.0	96.0	96.9	100.2	98.6	102.2	103.2	10956
								$^{1}/_{2}{}^{0}$-Thermometer (vertikal).						
Gelnhausen	(1901—1910)	Summe	127.4	111.7	98.3	77.1	89.5	110.1	121.3	100.2	90.7	73.7	127.4	10956
Wyk a. Föhr	(1891—1900)	Summe	121.1	112.7	105.1	85.8	104.6	99.8	106.8	93.9	76.8	93.4	121.1	10956
Eisleben	(1904—1912)	Summe	90.0	118.6	93.3	91.9	121.8	92.7	110.1	103.4	73.4	104.8	90.0	9864
Neukirch	(1907—1912)	Summe	151.8	89.1	96.1	78.3	116.3	126.4	104.2	80.8	75.6	81.5	151.8	6576
								$^{1}/_{2}{}^{0}$-Thermometer (horizontal; Maximum-Thermometer).						
Potsdam	(1901—1910)		110.6	96.4	95.6	96.4	102.7	113.9	101.8	100.2	95.3	87.1	110.6	3652
Erfurt	(1901—1910)		131.7	114.5	80.0	66.5	103.2	139.9	109.3	92.0	69.8	93.1	131.7	3652
Schneekoppe	(1891—1900)		83.8	85.7	123.8	119.9	98.3	89.6	107.6	99.4	94.7	97.2	83.8	3652
Brocken	(1896—1903)		85.6	123.2	85.9	89.0	140.4	91.1	119.8	80.8	66.8	117.4	85.6	2921
	(1904—1910)		92.3	114.2	108.3	119.3	93.1	92.3	87.2	98.9	97.0	97.4	92.3	2557
Wasserleben	(1901—1910)		151.4	94.2	83.5	81.1	112.3	130.9	84.3	70.4	95.8	96.1	151.4	3652
Gelnhausen	(1901—1910)		101.3	108.2	115.8	84.6	83.5	98.0	112.8	118.9	93.4	83.5	101.3	3652
								$^{1}/_{1}{}^{0}$-Thermometer.						
Dundee	(1901—1910)		174.6	50.2	131.3	56.7	74.5	124.0	130.2	58.7	126.4	73.4	174.6	7304

Fig. 2.



Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Zehntel bei Thermometer- und Barometerablesungen.

mäßig an allen drei Terminen und somit erst recht bei der Gesamtheit aller Beobachtungen die geraden Zehntel erheblich zahlreicher sind als die ungeraden.

Um zu sehen, inwieweit hierbei eine Gesetzmäßigkeit besteht, wurden ähnliche Auszählungen zunächst bei solchen Stationen vorgenommen, wo ein einziger Beobachter tätig ist, der nur gelegentlich vertreten wird, wie bei Celle, Schneekoppe, Brocken, Wasserleben. Überall zeigte sich dasselbe Verhalten, wenn auch mit sehr verschiedener Ungleichheit im Vorkommen der geraden und ungeraden Zehntel. Auch die Untersuchung der am Meteorologischen Observatorium in Pawlowsk bei St. Petersburg von mehreren geübten Beobachtern gemachten Ablesungen führte zu demselben Ergebnis.

Da in Potsdam die Ablesungen um 2 Uhr nachm. eine geringere Verschiedenheit im Vorkommen der geraden und ungeraden Zehntel aufwiesen als die Morgen- und Abendablesungen, glaubte ich die bessere Beleuchtung um Mittag als Grund dafür ansehen zu dürfen. Bei anderen Stationen bestätigte sich dies jedoch nicht, und bei Celle zeigten merkwürdigerweise die Abendbeobachtungen das günstigste Verhältnis zwischen geraden und ungeraden Zehnteln. Das klärte sich dadurch auf, daß an diesem Termin meist ein anderer Beobachter die Ablesungen machte als am Morgen und Mittag. Desgleichen ergaben sich bei den Gipfelstationen Brocken und Schneekoppe, wo die Beobachtungen im Winter recht erschwert sind, keinerlei nennenswerte jahreszeitliche Unterschiede im Verhalten der geraden und ungeraden Zehntel. Schließlich scheint auch innerhalb gewisser Grenzen die Größe der Skalenteile keinen Einfluß auszuüben. Während bei den neueren $^1/_5$°-Thermometern der Grad eine Länge von etwa 2.8 bis 3.2 mm hat, also auf das Intervall von zwei Zehnteln, abgesehen von den 0.03 mm dicken Teilstrichen, rund 0.6 mm kommen, hatten die früher auf den Stationen des preußischen Beobachtungsnetzes gebrauchten Thermometer eine viel lichtere Teilung: ein Gradintervall war fast doppelt so groß, nämlich 4.5—4.8 mm. Die an der Sternwarte in Breslau an einem solchen Thermometer von 1851—1860 gemachten Ablesungen ergeben aber durchaus kein günstigeres Verhältnis der geraden zu den ungeraden Zehnteln (vgl. Tabelle und Fig. 2).

Das Überwiegen in der Häufigkeit der geraden Zehntel glaube ich folgendermaßen erklären zu können. Wenn das Quecksilber nur ein wenig über oder unter dem Teilstrich eines geraden Zehntels steht, wird der Beobachter ohne weiteres, d. h. ohne eigentliche Abschätzung bzw. Überlegung, ein gerades Zehntel ablesen. Ebenso wird er, wenn das Quecksilber genau in der Mitte zwischen zwei Teilstrichen steht, prompt das ungerade Zehntel notieren, da das Auge ein kleines Längen-

intervall sicher zu halbieren weiß. Wenn aber das Quecksilber einige Hundertstel über oder unter dem zu denkenden Teilstrich des ungeraden Zehntels steht, muß eine Schätzung vorgenommen werden, bei der offenbar die Fehler unterlaufen, die zum Überwiegen in der Anzahl der geraden Zehntel führen. Nimmt man an, daß bei einem Stande bis zu drei Hundertstel über und unter dem ungeraden Zehntel dieses abgelesen wird, bei allen anderen Ständen innerhalb des Intervalls von 0.2° aber die benachbarten geraden Zehntel, so würde das Verhältnis der ungeraden zu den geraden Zehnteln wie 7 zu 13 oder 35 : 65 sein. Es würde auf 9 : 11 (45 : 55) steigen, wenn bis zu vier Hundertstel über und unter dem ungeraden Zehntel dieses richtig abgelesen wird. Offenbar liefert also der Quotient $\frac{\text{Zahl der ungeraden Zehntel}}{\text{Zahl der geraden Zehntel}}$ einen Maßstab für die Genauigkeit der Ablesungen an $^1/_5$°-Thermometern. Ich nenne ihn den Schätzungsquotienten. Seine untere Grenze, Null, kommt vor, wenn vom Beobachter gar keine ungeraden Zehntel unterschieden werden, die obere normale Grenze, Eins, wird erreicht, wenn gerade und ungerade Zehntel gleich häufig sind. Das scheint aber ein äußerst seltener Fall zu sein, dem ich bei dem von mir in Betracht gezogenen Beobachtungsmaterial nicht begegnet bin. Dagegen war der Quotient manchmal etwas größer als 1, d. h. der Beobachter machte den umgekehrten Fehler: er notierte auf Kosten der geraden Zehntel zu oft ungerade. Das kann leicht dann geschehen, wenn der Beobachter mit Vorliebe die ungeraden Zehntel notiert in allen denjenigen Fällen, in denen das Quecksilber zwischen zwei geraden Zehnteln steht und die geraden nur dann, wenn das Quecksilber genau oder fast genau mit diesen zusammenfällt. Das ist bei den Stationen Brocken und Schneekoppe öfters vorgekommen und hat natürlich ausgleichend gewirkt.

Der Schätzungsquotient hat bei den in der Tabelle aufgeführten Stationen folgenden Betrag:

Station	Termin	Quotient
Potsdam	7ᵃ	0.63
	2ᵖ	0.71
	9ᵖ	0.63
	Summe	0.66
Celle (1890—1909)	7ᵃ	0.33
	2ᵖ	0.38
	9ᵖ	0.60
	Summe	0.43

Station	Quotient
Pawlowsk	0.72
Schneekoppe	0.94
Brocken	0.88
	0.90
Wasserleben	0.45
Breslau	0.32
Langres	0.00

Diese Schätzungsfehler würden offenbar wegfallen, wenn die Skala der Thermometer nicht in $^2/_{10}$°, sondern in $^1/_{10}$° geteilt wäre. Solche Thermometer sind auf meteorologischen Stationen nicht in Gebrauch,

wohl aber in magnetischen Variationshäusern, wie z. B. dem bei Potsdam. Da jedoch in diesen die Temperatur künstlich möglichst konstant gehalten wird, trifft die eingangs gemachte Voraussetzung des gleich häufigen Vorkommens der einzelnen Zehntel nicht zu. Ich habe deshalb die Beobachtungen an Stationsbarometern, deren Nonius unmittelbar Zehntelmillimeter abzulesen gestattet, zur Prüfung herangezogen.

Die Auszählungen bei Celle und Wasserleben (s. Tabelle und Figur 2) ergaben in der Tat sehr geringe Schwankungen in den Häufigkeitswerten der einzelnen Zehntel[1], die wahrscheinlich auf persönliche Fehler zurückzuführen sind. Denn diese treten fast überall auf und interferieren mit den eigentlichen Schätzungsfehlern. So meiden manche Beobachter — vgl. in der Tabelle die Werte vom Brocken 1904—1910, wo kein Wechsel des Beobachters stattfand — die Null, offenbar damit es nicht so aussähe, als ob sie die Ablesung nur auf ganze Grade, also nicht genau genug, gemacht hätten. Die benachbarten Zehntel 1 und 9 treten dann stärker hervor. Auch bei der Schneekoppe bleibt die Häufigkeit von 0 etwas hinter der von 1 zurück. Diese Momente müssen neben der Größe des Schätzungsquotienten mit in Betracht gezogen werden, wenn man die Genauigkeit der Ablesungen beurteilen will.

Bei den in $^1/_2{}^\circ$ geteilten Thermometern, wie sie auf den Stationen III. Ordnung gebraucht werden, sowie bei den ebenso geteilten Maximumthermometern[2] treten ganz andere Schätzungsfehler auf, die sich im wesentlichen in drei verschiedene Typen einordnen lassen. Der erste zeigt zwei deutliche Maxima der Häufigkeit bei 0 und 5 Zehntel, die durch Minima gewöhnlich bei 3 und 7 getrennt sind (vgl. Fig. 2). Der zweite Typus weist im Gegenteil für 0 und 5 niedrige und für die zwischenfolgenden Zehntel hohe Häufigkeitswerte auf. Beim dritten Typus werden die Zehntel 0 und 5 vermieden und die beiderseitigen Nachbarzehntel 1 u. 9 bzw. 4 u. 6 bevorzugt, so daß vier Maxima und vier Minima entstehen. Dabei scheint es keinen Unterschied auszumachen, ob das $^1/_2{}^\circ$-Thermometer vertikal hängt oder, wie das Maximumthermometer, horizontal liegt, obwohl das Auge ein horizontales Intervall besser überblicken und durchmessen kann.

Beim ersten Typus dieser Schätzungsfehler tritt der Einfluß der Teilung deutlich hervor, während beim zweiten und dritten das Be-

[1] Das Verhältnis der ungeraden zu den geraden Zehnteln ist bei den 3 Reihen von Celle 1.04, 1.01, 1.03 und bei Wasserleben 1.07.

[2] Die gleichfalls in $^1/_2{}^\circ$ geteilten Minimumthermometer wurden nicht in Betracht gezogen, weil es Alkoholthermometer sind, die sich nicht so genau ablesen lassen wie Quecksilberthermometer.

streben des Beobachters, die runden Zahlen 0 und 5 zu vermeiden, um genauer zu erscheinen, den Ausschlag gibt. Dort handelt es sich um eigentliche Schätzungsfehler, hier vorzugsweise um persönliche Fehler. Daß letztere natürlich auch beim ersten Typus zu verspüren sind, darf als sicher angenommen werden und zeigt sich z. B. bei Gelnhausen (vgl. Tabelle).

Die in ganze Grade geteilten Thermometer habe ich bei der vorliegenden Untersuchung nur wenig berücksichtigt, weil sie auf unseren Stationen nicht gebraucht werden und weil die Zehntelschätzung eines Intervalls von den Astronomen schon eingehend behandelt worden ist[1]. Außerdem hat A. Walter (On errors of estimation in thermometric observations. Journ. R. Meteorol. Soc. XXXV, 1909, S. 249) die in ganze Fahrenheitgrade geteilten englischen Thermometer einer solchen Studie unterzogen. Freilich ist die Anzahl der von ihm zugrunde gelegten Ablesungen so klein (nur zweimal über Tausend), daß die notwendige Voraussetzung des gleich häufigen Vorkommens der einzelnen Zehntel nicht immer erfüllt sein dürfte.

Ich habe deshalb noch eine 10jährige Beobachtungsreihe von Dundee, wo der Beobachter in diesem Zeitraum nicht gewechselt hat, daraufhin untersucht. Die zweimal am Tage (9^a, 9^p) gemachten Ablesungen zeigen, daß der Beobachter im wesentlichen Viertelgrade abliest, dabei aber die 0 stark bevorzugt und neben der 5 auch gern die 6 notiert. Bei dem gleichfalls in $^1/_1$° geteilten Maximumthermometer in Dundee tritt dagegen das Zehntel 5 sehr zurück[2].

Das individuelle Verhalten bei der Zehntelschätzung ist seit langem von den Astronomen studiert worden und hat dazu geführt, in Anlehnung an die Bezeichnung »persönliche Gleichung« (équation personnelle) den Begriff der »Dezimalgleichung« (équation décimale) einzuführen[3]. Man hat also darunter den bei der Zehntelschätzung auf-

[1] Die ältere einschlägige astronomische Literatur findet man in der Arbeit von E. Groszmann, Über Schätzungen nach Augenmaß (Astron. Nachrichten Bd. 170, S. 148—162).

[2] Um auch bei einem in ganze Zentesimalgrade geteilten Thermometer, wie sie jetzt meist auf den französischen Stationen gebraucht werden, die Fehler der Zehntelschätzung zu ermitteln, wählte ich die Station Langres aus, wo im Jahrzehnt 1899—1908 derselbe Beobachter tätig war. Es ergab sich (vgl. die Tabelle), daß fast ausschließlich gerade Zehntel abgelesen worden sind, weshalb ich vermutete, daß ein $^1/_5$°-Thermometer verwendet worden war, was Hr. Angot auf meine Anfrage bestätigte. Es müssen also nahezu in der Hälfte aller Beobachtungen die Einzelablesungen um ein zehntel Grad unrichtig gewesen sein.

Bei solcher Beobachtungspraxis bedeutet allerdings der Gebrauch des $^1/_5$°-Thermometers eine gewisse Gefahr, die bei Verwendung des viel billigeren $^1/_1$°-Thermometers kaum größer sein kann.

[3] Der deutsche Ausdruck »Dezimalgleichung« ist wörtlich aus dem Französischen übersetzt, wo ihn Gonnessiat einführte.

tretenden individuellen oder persönlichen Fehler zu verstehen. Ein sehr gewissenhafter Beobachter wird aus den eigenen Ablesungen seine »Dezimalgleichung« ermitteln und nachher zu vermeiden suchen.

Schließlich möchte ich noch auf eine Ungleichmäßigkeit in der Art der Ablesung des Thermometers hinweisen, die wahrscheinlich sehr kleine Fehler bedingt, deren Betrag sich allerdings nicht ermitteln läßt. Sie besteht nämlich darin, daß bei positiven Temperaturen die Höhe der Quecksilbersäule über 0°, bei negativen aber die Länge des leeren Raumes unterhalb 0° abgelesen wird. Da aber ein weißer Raum gegenüber einem dunkeln in der Größe überschätzt wird, darf man annehmen, daß die negativen Temperaturen ein wenig zu tief abgelesen werden.

Von den im vorhergehenden besprochenen Verlesungen, Schätzungs- und persönlichen Fehlern, von denen die beiden letzteren häufig zugleich vorkommen, haben nur die ersteren einen großen Einfluß auf die Genauigkeit der meteorologischen Beobachtungen, der möglichst eliminiert werden muß. Die Schätzungsfehler bei $^1/_5$°-Thermometern bieten beinahe mehr psychologisches als meteorologisches Interesse, doch können sie die Einzelmessung bis auf ein zehntel Grad ungenau machen, während die Mittelwerte der Temperatur davon kaum berührt werden. Die mehr persönlichen Fehler, die bei Ablesungen an $^1/_2$°- und $^1/_1$°-Thermometern auftreten, sind von etwas größerem Betrage, gleichen sich aber in den Mittelwerten ebenfalls aus.

Für die Praxis der meteorologischen Beobachtungen folgt aus den vorstehenden Darlegungen, daß das $^1/_2$°-Thermometer keine größere Genauigkeit der Ablesungen verbürgt als das $^1/_1$°-Thermometer, daß aber für genauere psychrometrische Beobachtungen das $^1/_5$°-Thermometer beibehalten werden sollte.

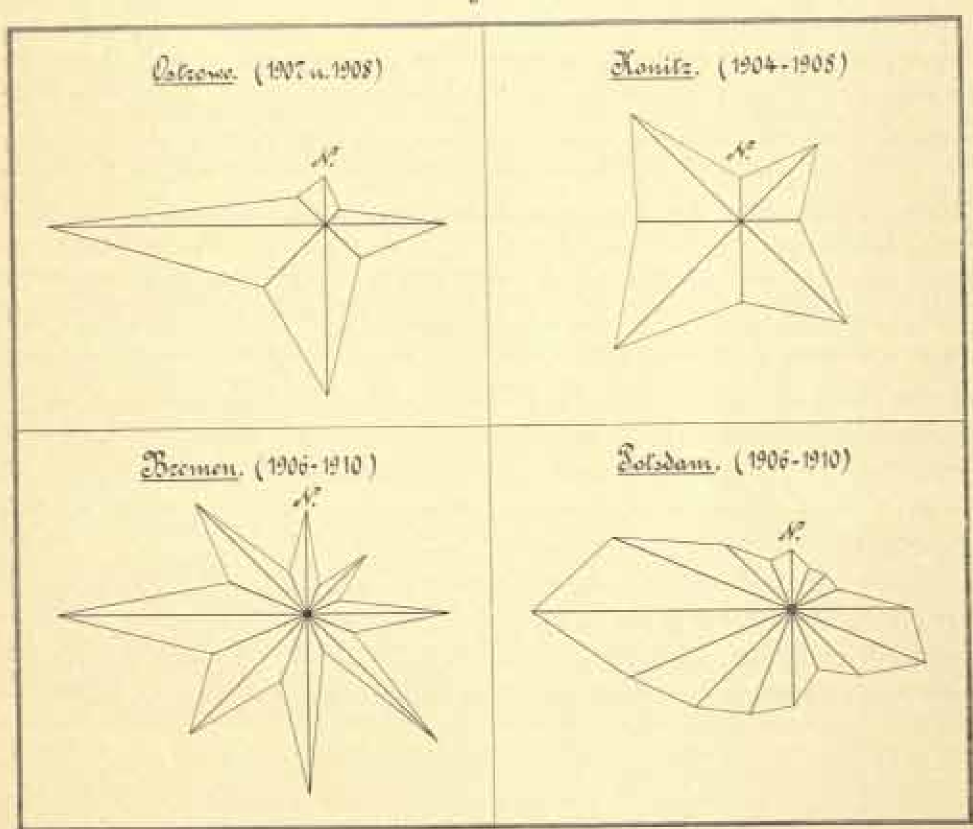
3.

Die bei der Schätzung der Bewölkung unterlaufenden persönlichen Fehler sind schon seit längerer Zeit bekannt und brauchen hier nur erwähnt zu werden. Da die Bewölkung nach einer zehnteiligen Skala geschätzt wird, in der 0 wolkenlosen, 10 ganz bedeckten Himmel bezeichnet, kann man auch hier von einer »Dezimalgleichung« sprechen. Diese läßt sich natürlich nur aus den Häufigkeitszahlen der einzelnen Bewölkungsgrade ableiten, nicht aber aus den Werten der mittleren Bewölkung, die bei benachbarten Orten durchaus übereinstimmen können, obwohl auf ihnen ganz verschiedene Schätzungsfehler begangen werden. So weiß man, daß manche Beobachter den Bewölkungsgrad 9 selten notieren, dafür aber 8 und 10 bevorzugen, während einige

den Grad 1 vor 0 bevorzugen, andere ihn vermeiden usw. Man findet weitere derartige Fehlerangaben bei A. v. OBERMAYER, Die Häufigkeitszahlen der Bewölkung (Sitzungsber. d. Wiener Akad., math.-naturw. Kl. CXVII, Abt. IIa, 1908).

Bei der Beobachtung der Windrichtung kommen gleichfalls persönliche Fehler vor. Ist eine Windfahne mit Richtungskreuz oder die an der Decke angebrachte Windscheibe einer sogenannten durchgehenden

Fig. 3.



Windrosen.

Windfahne vorhanden, so werden, wenn der Beobachter 16 Richtungen unterscheidet, gewöhnlich die 8 Zwischenrichtungen zweiter Ordnung NNO, ONO, OSO usw. zu selten notiert, d. h. es werden analoge Schätzungsfehler begangen wie bei der Ablesung der $^1/_5$°-Thermometer, wo die ungeraden Zehntel zu kurz kommen. Aber selbst, wenn die Windrichtung nur nach einer achtteiligen Windrose bestimmt wird, begegnet man bisweilen solchen Bevorzugungen, und zwar am ehesten der Hauptrichtungen N, O, S, W, seltener der Nebenrichtungen. Die in Fig. 3 abgebildeten Windrosen von Ostrowo und Konitz liefern dafür

einige Beispiele. Aber selbst wenn ein Anemograph die Windrichtung kontinuierlich aufschreibt, können beim Auswerten der Registrierungen solche Bevorzugungen vorkommen. So wurden offenbar in Bremen bei der Bearbeitung der Aufzeichnungen eines sehr frei aufgestellten Anemographen Sprung-Fuess die Nebenrichtungen NNO, ONO usw. zugunsten der Nachbarrichtungen etwas hintangesetzt, denn sonst würde die Windrose von Bremen nicht die strahlige Sternform aufweisen, wie sie Fig. 3 zeigt. Es findet nämlich in unseren Breiten, wo keine streng periodischen Winde wehen, wie die Passate und Monsune, ein stetiger Übergang von einer Windrichtung zur nächsten bezüglich ihrer Häufigkeit statt, wie die Registrierungen gut aufgestellter Anemometer unzweifelhaft zeigen. Von den für diesen Zweck abgeleiteten Windrosen einiger Observatorien in freier Lage will ich hier nur die von Potsdam in Fig. 3 wiedergeben und hinzufügen, daß auch die Windrosen von anderen Stationen des ebenen Mitteleuropas diesen allmählichen Übergang aufweisen.

Die bei der Schätzung der Windstärke auftretenden Fehler sind mehr physiologischer als psychologischer Natur, soweit die Abhängigkeit der Schätzung von der Temperatur der heranwehenden Luft in Betracht kommt; denn einem kalten Winde wird eine größere Geschwindigkeit beigemessen als einem warmen von derselben Stärke. Dagegen gehört in den Bereich der psychologisch bedingten Fehler die Tatsache, daß in Gebieten mit schwacher Luftbewegung, also im Binnenlande, die Stärke des Windes gewöhnlich überschätzt wird.

Zum Schluß will ich noch auf die von mir in diesen Sitzungsberichten 1912 S. 288 gemachten Angaben über die wirkliche Dauer des Regens hinweisen. Es geht aus ihnen hervor, daß man die Dauer der Niederschläge im allgemeinen nicht unerheblich überschätzt.

Ausgegeben am 27. März.

1913.
XV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

13. März. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

*Hr. Stumpf las über Empfindung und Vorstellung.

Er besprach die Schwierigkeiten, die der Annahme eines specifischen Unterschiedes in irgend einer Form entgegenstehen, und andererseits die Voraussetzungen, die man bei Annahme einer blossen Intensitätsverschiedenheit zu machen hat. Das Gebiet der Gesichtserscheinungen blieb zunächst ausser Betracht.

Eine punisch-altberberische Bilinguis aus einem Tempel des Massinissa.

Von Prof. Dr. M. Lidzbarski
in Greifswald.

(Vorgelegt von Hrn. E. Meyer am 27. Februar 1913 [s. oben S. 251].)

Hierzu Taf. I.

Im Jahre 1904 teilte Ph. Berger der Pariser Académie des Inscriptions et Belles-Lettres den Fund einer langen punisch-altberberischen Inschrift zu Ehren des Numidierkönigs Massinissa mit (*Comptes rendus* 1904, S. 406). Der Fundort war Thugga, das auch die andere seit dem 17. Jahrhundert bekannte punisch-altberberische Bilinguis geliefert hat[1]. Berger hat sich bis zu seinem im März 1912 erfolgten Tode nicht weiter über das Denkmal geäußert. Im vergangenen Herbst machte mich H. Dessau darauf aufmerksam, daß das neue *Supplément* des *Catalogue du Musée Alaoui* eine Abbildung des Steines enthält (Pl. LV). Durch Dessaus freundliche Vermittlung wurden mir auch von Hrn. Alfred Merlin, dem Directeur des Antiquités et Arts in Tunis, die Originalphotographie und Abklatsche gesandt. Mit ihrer Hilfe konnte ich die Lesung bis auf einige wenige verletzte Buchstaben feststellen. Nach der Photographie ist die hier beigegebene Tafel hergestellt.

Der Stein enthält eine der längsten punischen, die längste unter den jetzt bekannten altberberischen Inschriften. Die beiden Texte sind vollständig, nur einzelne Zeichen sind zerstört. Hat man früher für die Kenntnis des Altberberischen am meisten aus der bilinguen Grabschrift von Thugga gelernt, so wird von jetzt an bis auf weitere Funde besonders diese Inschrift verwertet werden. Es stehen erst fünf lange punische, dann sechs altberberische Zeilen da. An der Hand der zahlreichen Personennamen konnte ich auch ohne Kenntnis des Berberischen feststellen, daß die beiden Stücke inhaltlich einander ganz nahe stehen.

[1] Vgl. P. Schröder, *Die phönizische Sprache*, S. 257, Taf. IV, 2 und *Nordsem. Epigraphik*, S. 433, e und Taf. IX, 1.

Unter den berberischen Zeilen steht noch eine punische, die die Baumeister nennt und im altberberischen Teile kein Gegenstück hat.

Vom punischen Teile gebe ich eine Transkription in hebräischer Schrift. Vom altberberischen muß ich eine Nachzeichnung geben, weil die Reichsdruckerei keine berberischen Typen hat. Eine Transkription des Ganzen ist nicht möglich, da der Wert verschiedener altberberischer Zeichen erst festzustellen ist.

1 ת מקדש ש בנא בעל אש בּגּ למסנסן הממלכת בן גיִיי הממלכת בן זללסן השפט בשת עסר של ---
2 מכסן בשת שפט הממלכת בן אפשן הממלכת רב תמ־ת שנך בן בני ושפט בן נגמ בן תגמ
3 מצבִּי מגן בן ירשתן בן סדילן ונזדי מגן בן שפט רב מאת בן עבדאשמן ה[ממל]כת
4 גלדגימל זמר בן מסנפ בן עבדאשמן האד־חמשם האש מקלא בן אשין הממלכת בן מגן הממל[כת
5 מנאם על המלכת ש אשין בן אנכנן בן פמש וארש בן שפט בן שנך
6 והבנאם חנא בן יתנבעל בן חנבעל ונפמסן בן שנטק

Bei einer Vergleichung der Namen in den beiden Teilen zeigte es sich, daß in der altberberischen Schrift der einfache horizontale Strich dem semitischen Zain, daß X und (beide dem semitischen Samekh entsprechen. Letzteres war auch schon aus der anderen Bilinguis von Thugga zu ersehen, trotzdem wurde X dem ז oder ض gleichgesetzt. Vielleicht entspricht eines der beiden Zeichen dem שׂ, das im Punischen auch durch ס wiedergegeben wird. Unter den Appellativen war leicht *gld* in der Bedeutung »König« zu erkennen, und ich fand bald, daß das Wort noch im Neuberberischen in der Form *agellid* fortlebt. Darüber hinaus konnte ich auch für die Wörter und Wortgruppen, deren Sinn nach dem Punischen feststeht, nichts Identisches im Neuberberischen finden. Es war mir nicht möglich, mich eingehender mit den neuberberischen Mundarten zu befassen, es wäre auch mißlich, mit solch frisch erworbenem Wissen einen alten Text zu interpretieren. Ich ging daher nach Leipzig, um mit Hrn. Prof. Stumme, einem vorzüglichen Kenner der neuberberischen Mundarten, den berberischen Text zu besprechen. Aber wiederholte Besprechungen führten zu keinem Ergebnisse. Auch Hrn. Prof. Stumme war es nicht möglich, selbst da, wo durch das Punische der Sinn

gegeben ist, die berberischen Worte und Wendungen aus den jetzigen Mundarten zu erklären. Die Sprache der alten Berbern scheint danach von diesen weit abzuliegen, sei es, daß starke lautliche Veränderungen vorgegangen sind, sei es, daß viel Sprachgut durch das Arabische zurückgedrängt wurde. Für die vorliegende Inschrift ist die Undurchsichtigkeit des Altberberischen um so bedauerlicher, als auch der punische Teil berberische Ausdrücke enthält, die, wenn man sie verstände, uns wichtige Aufschlüsse über die Verfassung der alten Berberstämme geben würden.

Z. 1. Das Zeichen hinter מקדש ist wahrscheinlich ein ש, kein ז, dennoch ist es als Pron. demonstr. aufzufassen. Dieses wird in den jüngeren punischen Texten oft mit ס geschrieben, daher kann hier auch ein ש dafür stehen. — בנא. In den späteren punischen Inschriften steht häufig בנא statt בנ »bauen«[1], so auch hier nachher בנאם. Ich glaube, daß die Form durch שנא beeinflußt ist. בנא ist hier eine Pluralform; das Subjekt ist in בעלאשבגג enthalten. Die Lesung des vorletzten Buchstabens ist nicht sicher; man kann zwischen ג und ב schwanken. Nach dem Punischen allein würde man בעלא שבגג abtrennen und שבגג als Orts- oder Stammesnamen auffassen. Aber dann müßte שבגג auch im berberischen Teile stehen. Hier stößt man auf drei Zeichen, von denen das erste und dritte sicherlich *b* und *g* sind. Das Zeichen dazwischen ist auch hier unscharf, und die erhaltenen Züge weisen auch hier auf *g* und *k* hin. Danach scheint in beiden Texten eine Korrektur vorzuliegen. Man muß also בגג bzw. בכג allein als Namen auffassen. Ich sehe darin einen Stammesnamen. Vom vorhergehenden בעלאש verbinde ich אש mit בגג als אש בגג zur Bezeichnung der gens, wie in איש ישׂראל. Das einzelne Glied wurde — freilich schlecht, wie ein wirklicher Punier kaum gesagt hätte — als בעל אש בגג und dann eine Mehrzahl oder alle als בעל אש בגג bezeichnet. Ich habe auch an בעלא ש בגג gedacht, aber das wäre ebenso schlecht. Vielleicht ist die eine oder andere Konstruktion durch berberische Ausdrucksweise beeinflußt. Im berberischen Teile steht vor *bgg* (*bkg*) ein X = *t*. Ich fragte Prof. Stumme, ob dies mit dem modernen *ait* »Stamm« zusammenhängen könnte. Es wurde von ihm bejaht. Stumme meinte, daß besonders die bei den östlichen Berberstämmen übliche Form *āt* auf ein altes *at* schließen lasse, das hier vorliegen könnte.

Der Name des Ortes Thugga kann hier nicht stehen. *Tugga* ist ein gut berberisches Wort; es bedeutet »Wiese« und müßte hier etwa *tg* geschrieben sein.

Die punische Schreibung מסכנ findet sich auch in der Inschrift aus Scherschel *Revue d'Assyriologie* II, S. 36, Taf. I; *Nordsem. Epigraphik*,

[1] Vgl. CIS I, 149_1; *Ephemeris* I, 46 I_1, 51 A; II 188 t_1.

S. 439, 2, Taf. XVI, 4, wo so statt מזנן zu lesen ist. Bei מכוסן und den folgenden Namen entspricht dem כ berberisches ☓. — Wir wissen bereits aus phönizischen Inschriften, die im Heimatlande gefunden wurden, daß man für »König«, wenn es als Appellativum außerhalb der Titulatur angewandt wurde, ממלכת statt מלך sagte. In Nordafrika findet es sich auch in enger Verbindung mit dem Königsnamen[1]. Es ist bemerkenswert, daß die Fürsten Nordafrikas sich in der Regel nur als Könige bezeichnen, ohne das Land oder das Volk zu nennen, über das sie regierten. Nur Micipsa wird in der Inschrift von Scherschel מלך משלים »König der Massylier« genannt; außerdem erscheint in einer Inschrift von Cirta ein מלך אדם, dessen Bedeutung noch nicht aufgeklärt ist (*Ephemeris* I, S. 42).

Der Name des Vaters wird im punischen Teile געיי, im berberischen *gjj* geschrieben. ע bezeichnet den Vokal *a*. *Gala* der handschriftlichen Überlieferung bei Livius (24, 48f.; 29, 29f.; 40, 17) konnte schon früher nach Βασιλέως Γαια in den beiden griechischen Inschriften von Delos[2] berichtigt werden. Es ist wohl eine Koseform eines mit *g* beginnenden Namens, z. B. von Gulussa, wie in karthagischen Texten eine wohl aus ---בעל hervorgegangene Koseform בעיי geschrieben wird (CIS I, 2653, 2874, *Ephemeris* II, S. 178 O). Dieses געיי zeigt, daß auch געי in den neupunischen Inschriften nicht immer Gaius zu sein braucht. Sicher Gaius ist es nur, wo ירלי dabei steht.

Die Lesung זללסן ist sicher, nicht etwa גללסן *Gulalsa*[3]. Wo er Sufet war, wird leider nicht gesagt. Auch der berberische Teil hat sicher *šft*, obwohl f eine ungewöhnliche, wohl kursive Form hat. Es ist eine Mittelform zwischen dem alten ☓ und dem ⵊ des Tifinagh. של hinter עסר ist ziemlich sicher. Dahinter sind Spuren von etwa drei Buchstaben sichtbar.

Z. 2. Die Lesung מכוסן mit Waw steht fest, und auch der berberische Teil hat sicher *mkwsn*. Berberische mit *mkw* beginnende Namen finden sich auch sonst[4]. Nun wird man auch in der Micipsa-Inschrift von Scherschel מכוסן statt מכפסן bzw. מכפזן zu lesen haben; der dritte Buchstabe ist dort beschädigt.

Die Lücke am Ende von Z. 1 wird sich nach dem berberischen Teile mit Sicherheit ergänzen lassen, aber bis jetzt habe ich für die berberische Stelle keine Erklärung erhalten können. Sie hat am Ende *gld mkwsn*, danach läßt sich der punische Teil zu בשת עסר של[מלך]

---

[1] Siehe die Belege *Nordsem. Epigraphik*, S. 310.

[2] *Bulletin de Correspondance hellénique* II (1878), S. 400; III (1879), S. 470; Mommsen, *Hermes* XIII (1878), S. 560; Wachsmuth, *Rhein. Museum*, N. F., XXXIV (1879), S. 159; XXXV (1880), S. 490; Dittenberger, *Sylloge* I², S. 482, Nr. 305.

[3] CIL V, 4922, vgl. auch Mommsen, *Röm. Geschichte* V⁵, S. 645, Anm. 2.

[4] *Journal asiatique*, Série VII, Tome IV, 1874 (Halévy), S. 371, Nr. 202; S. 372, Nr. 206.

מכוסן ergänzen. Zu של statt אשל vgl. *Nordsemitische Epigraphik*, S. 227 s. אש 3; *Ephemeris* I, 51 $B_{3.4}$; II, 65 C, D. מלך מכוסן statt מכוסן הממלכת kann hier wohl gestanden haben. Denn auch der berberische Teil hat sonst NN *gldṯ*[1], während hier *gld mkwsn* steht. Weniger wahrscheinlich ist mir die Ergänzung בשת עסר של[ש מלך] מכוסן. Man erwartet עסר ושלש[2], außerdem sehe ich hinter של den unteren Teil eines langen Schaftes[3].

Die Datierung geht wohl von dem Jahre aus, in dem Micipsa nach Massinissas Tode zusammen mit seinen Brüdern die Herrschaft über die Numidier übernahm, dem Jahre 149[4], denn schon von diesem Jahre an war er König. Sein zehntes Jahr fiele danach in das Jahr 140.

Hier ist von der Weihung eines Tempels für Massinissa die Rede; ihm wurden danach göttliche Ehren zuteil. Aus den alten Autoren und Denkmälern wußte man bereits, daß die Berbern die Fürsten aus dem Hause des Massinissa göttlich verehrt haben; noch in der Kaiserzeit wurden für die alten numidischen Könige Stiftungen vollzogen[5]. Veranlassung dazu gaben die hohen Verdienste Massinissas um das Land; von Polybius (XXXVII, 3, 7) wird sein Wirken als θειότατον bezeichnet. Hier lernen wir zum erstenmal eine Weihung an Massinissa selber kennen. Die Mitteilung über die Stiftung selbst ist kurz, um so länger die Aufzählung der Würdenträger, unter deren Regime sie vollzogen wurde. So ist es auch in anderen punischen Stiftungs- und Bauurkunden[6]. Offenbar lag den Leuten mehr an ihrem eigenen שם וסכר als an dem Berichte über das Werk[7].

Diese mit »Im Jahre« beginnende Aufzählung ist von der Widmung im punischen Teile durch ein Spatium, im berberischen durch einen Absatz getrennt. An der Spitze steht ein König (ממלכת, *gld*). Er selber trägt einen punischen, sein Vater, der gleichfalls König war, einen berberischen Namen. Die berberischen gentes standen unter Häupt-

[1] Das hier in der Regel hinter *gld* stehende Zeichen entspricht in der anderen Bilinguis von Thugga punischem ת. Halévy (a. a. O. III, S. 84) hält es für *ṯ*.

[2] Vgl. *Nordsem. Epigraphik*, S. 346 unten.

[3] Für למלך מכוסן würde bei dieser Ergänzung auch der Raum nicht reichen. Aber das ל ist nicht nötig, denn auch in den aramäischen Papyri steht hinter der Jahreszahl einfach דריוהוש מלכא, ארתחשסש מלכא.

[4] Vgl. Mommsen, *Römische Geschichte* II[7], S. 138.

[5] Vgl. Mommsen, *Römische Geschichte* V[4], S. 622; Schulten, *Das römische Afrika*, S. 101, Anm. 43.

[6] Vgl. CIS I, 132; *Ephemeris* II, 57.

[7] Auch in der bilinguen Grabschrift von Thugga ist vom Verstorbenen nur in einer Zeile die Rede, während die Werkleute in 6 Zeilen von sich sprechen. Nach P. Gauckler, *L'Archeologie de la Tunisie*, S. 13, Schulten, *Das römische Afrika*, S. 18, 101, Anm. 38 soll das Grabmal von einem König herrühren. Dies ist mir bei der bloßen Nennung des Namens und zweier Ahnen nicht wahrscheinlich. Auch glaube ich nicht, daß der Bau aus dem 5. oder 4. Jahrhundert v. Chr. stamme. Die punische Schrift weist zum Teil recht junge Züge auf, so besonders He und Chet.

lingen, die anscheinend den Titel »König« führten. In römischer Zeit werden sie *principes* genannt, doch erscheint noch in CIL VIII, 8379 ein *rex gentis Ucutaman* . . . .[1]. Der Titel *gld* wurde nicht allzu hoch bewertet, denn in dieser Inschrift sind Würdenbezeichnungen mit *gld* zusammengesetzt, deren Träger an letzter Stelle genannt werden.

Nach dem ממלכת wird ohne Zählung das Jahr bestimmt, danach liegt die Annahme am nächsten, daß die Würde nur ein Jahr bekleidet wurde. Sonst stände, wenigstens nach sonstigem punischem Sprachgebrauche, בשנת oder שת ab. Die Kürze der Amtsdauer würde es auch erklären, daß so viele in dieser Inschrift genannte Personen den Königstitel führen.

Auch im berberischen Teile erwartet man vor *šfṭ* einen Ausdruck für »Im Jahre«. Das *š* von *šfṭ* steht in einer Linie mit den Anfängen der folgenden Zeilen, doch sehe ich vorher Spuren von X = *t*. Kann dieses »im Jahre« bedeuten?

Daß der »König« an der Spitze des Stadtwesens von Thugga gestanden habe, ist nicht wahrscheinlich. Mag Thugga auch, wie der Name zeigt (s. oben S. 298), berberischen Ursprunges sein, so wird es doch, sobald es sich zur Stadt entwickelt hatte, seine Verfassung nach karthagischem Muster eingerichtet haben; da erwartet man an der Spitze zwei Sufeten. Die Zweimänner, die hinter dem Könige genannt werden, können nicht den karthagischen Sufeten entsprechen. Mit der Einrichtung wäre auch der Name übernommen worden, und wir sehen ja aus dieser Inschrift (Z. 1), daß das punische שפט tatsächlich in das Berberische eingedrungen war. Auch hat gerade der Titel des Sufeten weite Verbreitung gefunden und hat sich tief in die römische Zeit hinein erhalten. Doch wurde vielleicht unter karthagischem Einflusse die Würde des »Königs« nur ein Jahr bekleidet.

Auch die Überfülle punischer Namen zwingt nicht zu der Annahme, daß wir es hier mit einem städtischen Milieu zu tun haben. Die Zähigkeit, mit der die Nordafrikaner Jahrhunderte nach dem Untergange Karthagos an der punischen Sprache und punischem Glauben festhielten, zeigt, wie tief der karthagische Einfluß ins Land hinein gedrungen war. Auch hat gerade Massinissa die Verbreitung punischen Wesens unter seinem Volke begünstigt[2].

---

[1] In den altberberischen Inschriften bei Halévy, a. a. O. III, S. 126, Nr. 66; S. 134, Nr. 86; S. 176, Nr. 168 dürfte מנכל, אמנכל, תמנכל mit dem heutigen *amenokal* identisch sein und »König« bedeuten.

[2] Mommsen sagt sogar (R. G. I[8], S. 676): »Die selbst in der nivellierenden Kaiserzeit noch lebensfähig und kräftig dastehende phönikisch-nationale Zivilisation Nordafrikas ist bei weitem weniger das Werk der Karthager als das des Massinissa.« Das scheint mir doch zuviel gesagt.

Die hier genannte gens stand wohl, trotzdem sie ihren eigenen regulus hatte, unter der Oberhoheit des Numidierkönigs in Cirta. Eine Weihung zu Ehren Massinissas wäre auch bei einem freien Stamme denkbar, aber die Datierung nach dem König Mikiwsan spricht für dessen Oberhoheit. Die Grenzen des Numidierreiches nach dem dritten punischen Kriege stehen nur für die Küste fest (vom Tuscafluß bis Thaenae), für das Innere ist man auf Vermutungen angewiesen[1], doch kann Thugga sehr wohl unter Micipsas Botmäßigkeit gestanden haben.

In אמשן ist das א prothetisch. Es wird in der berberischen Schreibung nicht wiedergegeben, wie auch bei den anderen mit א beginnenden Namen dieser Inschrift.

Während nur ein König an der Spitze stand, fungierten zwei רב תמ·ת. Vor dem zweiten Taw ist die Lesung unsicher. Es kommen besonders א, ם, קש, ער in Betracht, aber ich habe mich für keines entscheiden können. Ich habe die Gruppe wiederholt auf שמרת hin geprüft, habe die Lesung aber schließlich ausgeschaltet. Die Taw am Anfange und am Ende von תמ·ת lassen berberischen Ursprung des Wortes vermuten, aber im berberischen Teile steht ein anderes Wort: *mwsn-*. Der Wert des Zeichens ☰ ist noch nicht festgestellt; für dessen Bestimmung kommen besonders die Anfänge der beiden letzten berberischen Zeilen in der anderen Bilinguis von Thugga in Betracht. Aber hier und bei רב מאת in Z. 3 ist zu ersehen, daß punischem רב berberisches *mw* entspricht.

שנך ist berberisch oder aus einem Namen wie אשמנשלך kontrahiert. Der berberische Teil hat hinter *wbnj* noch *wšnk*. Wahrscheinlich ist im punischen Teil hinter בן בני nur aus Versehen בן שנך ausgelassen, denn in dieser Inschrift werden in der Regel zwei Ahnen genannt. Es steht deutlich מג: da. Wie *mg[n]* im berberischen Teile zeigt, ist es nur ein Versehen.

Z. 3. Die Lesung des Wortes am Anfange der Zeile, das die Bezeichnung einer Würde enthalten muß, ist unsicher und läßt sich auch nach dem berberischen Teile nicht bestimmen. Denn in dem entsprechenden Worte ist ein Zeichen zerstört, ein anderes in seinem Werte noch nicht bestimmt, doch schließt das Wort hier sicher mit *kw*. Auch das Wort im punischen Texte macht keinen semitischen Eindruck, doch mag darin die Endung semitisch sein. Im berberischen *sdjln* wird für ס das Zeichen [gebraucht.

Die Lesung יגזדרי ist sicher; es steht nicht etwa יסדרי, auch nicht יגפדרי da. Das Berberische hat hier wieder etwas anderes: *g-b*, worin der Wert des zweiten Zeichens H noch zu bestimmen ist. Die An-

[1] Vgl. Tissot, *La province romaine d'Afrique* II. S. 1 ff.

gaben über die Würdenträger sind sonst nicht durch Waw mit dem Vorhergehenden verbunden, auch das berberische Wort hat kein *d* vorn, daher gehört das Waw in ונזדי mit zum Wortkörper. Vielleicht ist auch hier, wie bei מצבי-- das Jod die semitische Nisbe-Endung.

רב מאת findet sich auch in einer phönizischen Inschrift aus Tyrus[1]. Wie dort ist es auch hier zweifelhaft, ob der »Obere über Hundert« eine militärische oder eine zivile Stellung innehatte. Im Papyrus *Ephemeris* II, S. 219, C a_2 bezeichnet רבי מאתהם sicher eine militärische Würde, und so wird es auch hier sein. Auf ehemalig karthagischem Gebiete denkt man leicht an den Rat der Hundert. Aber dann müßte Šafat das Amt anderswo bekleidet haben. Hätte die gens *bgg* einen Rat der Hundert gehabt, so wäre der Vorsitzende mit unter den Eponymen aufgezählt worden.

עבדאשמן wird berberisch durch *šmn* wiedergegeben: also nicht bloß das א, sondern auch עבד ist weggelassen. In der anderen Bilinguis von Thugga entspricht עב < עבד in עבארש und עבשתרת berberisch *wd*. — הממלכת ergibt sich aus *gld-* im berberischen Teile.

Z. 4. Im punischen Teile steht גלדגימל, nach dem äußeren Bilde eher גלדמיגל, während berberisch *gldmjl* dasteht. י bzw. *j* darin muß konsonantischen Wert haben. Die Würdenbezeichnung enthält den Ausdruck »König«, obwohl der Träger nicht an der Spitze der Gemeinschaft stand. Der Name זמר findet sich auch in der anderen Inschrift von Thugga, er war danach dort häufig. Sonst ist er bei den Puniern selten (CIS I, 2755).

Mit ---האד wird ein neuer Würdenträger genannt. Hinter האד ist ein Loch im Steine. Darin glaube ich Spuren eines ב zu sehen, und zwischen diesen und ד ist ein gerader Schaft erhalten, der von einem nachgetragenen ר herrühren kann. — An sich liegt es näher, חמשם האשם zu lesen. Denn wo das Gezählte determiniert ist, steht es nach den Zehnern eher im Plural als im Singular. Vgl. חֲמִשִּׁים אִישׁ II. Sam. 15, 1; I. Kön. 1, 5; II. Kön. 2, 7, 17, doch חֲמִשִּׁים הַצַּדִּיקִם Gen. 18, 24, חֲמִשִּׁים (שִׁשִּׁים, שִׁבְעִים, שְׁמֹנִים) הַזְּכָרִים Ezra 8, 6 ff. Aber im Punischen findet sich der Name קלא nicht, wohl aber מקלא (CIS I, 3049). Auch hat im berberischen Teile der Name mit *m* begonnen; mehr ist hier nicht erhalten. Danach muß man חמשם האש lesen. Dies muß ein Kollegium bezeichnen, und האדר בחמשם האש wäre ein Mann, der an dessen Spitze stand. Man würde freilich רב חמשם האש erwarten, auch ist der Artikel auffällig. האד[ן רב] חמשם האש zu lesen, worin האדן zum Vorhergehenden, רב zum Folgenden zu ziehen wäre, gestattet die geringe Breite der Verletzung nicht. Das Berberische hat bezeichnenderweise

[1] Clermont-Ganneau, *Recueil d'Archéologie Orientale* II, S. 295.

hier wieder *gld*, während die folgenden drei Charaktere »fünfzig Mann« bezeichnen müssen. Für 50 scheint hier ein Zahlzeichen zu stehen.

Der Name אשין ist bei den Juden häufig und ist bei ihnen wohl eine Koseform von אשר, vgl. *Ephemeris* II, S. 18, 19; III, S. 120. Hier dürfte er aus einem Namen ---אשמנ gebildet sein, wenn er nicht berberisch ist. In der anderen Bilinguis von Thugga steht, anscheinend vollständig, אשי.

Z. 5. Der Anfang wie in der Bauinschrift aus Karthago, *Ephemeris* II, S. 57, Z. 5, wo das מ vor מנאם davon zu trennen ist. Hinter המלכת steht ein kleines zusammengedrängtes ש (siehe zu Z. 1), doch vielleicht auch gar kein Zeichen. מקב »Hammer« ist bereits bekannt: *Ephemeris* I, S. 37, 309. Am Ende der sechsten berberischen Zeile, an der Stelle, die וארש entspricht, steht deutlich *dr* = ואר, dann sehe ich Teile eines *š*, dahinter aber noch leise Spuren von X = *t* oder X = *f*. Was bedeutet dies? Hängt es damit zusammen, daß am Anfange von Z. 7 das zu erwartende *w* fehlt?

Z. 6. Von den beiden Baumeistern ist der erste ein Punier, der zweite ein Berber. Der letzte Name ist zum Teil zerstört.

1. »Diesen Tempel bauten die Mitglieder des Stammes Bgg (Bkg) dem Könige Massinissan, Sohne des Königs Gaiai, Sohnes des Sufeten Zllsan, im Jahre zehn des [Königs?]

2. Mikiwsan. Im Jahre des Königs Šafaṭ, Sohnes des Königs 'Fšan. Ober . . . waren Šnk, Sohn des Banai, (Sohnes des Šnk), und Šafaṭ, Sohn des Magon, Sohnes des Tnku.

3. Mṣṣ-i war Magon, Sohn des Jrštn, Sohnes des Sdjln. Wgzdi war Magon, Sohn des Šafaṭ, des Oberen über Hundert, Sohnes des Königs 'Abd-Ešmūn.

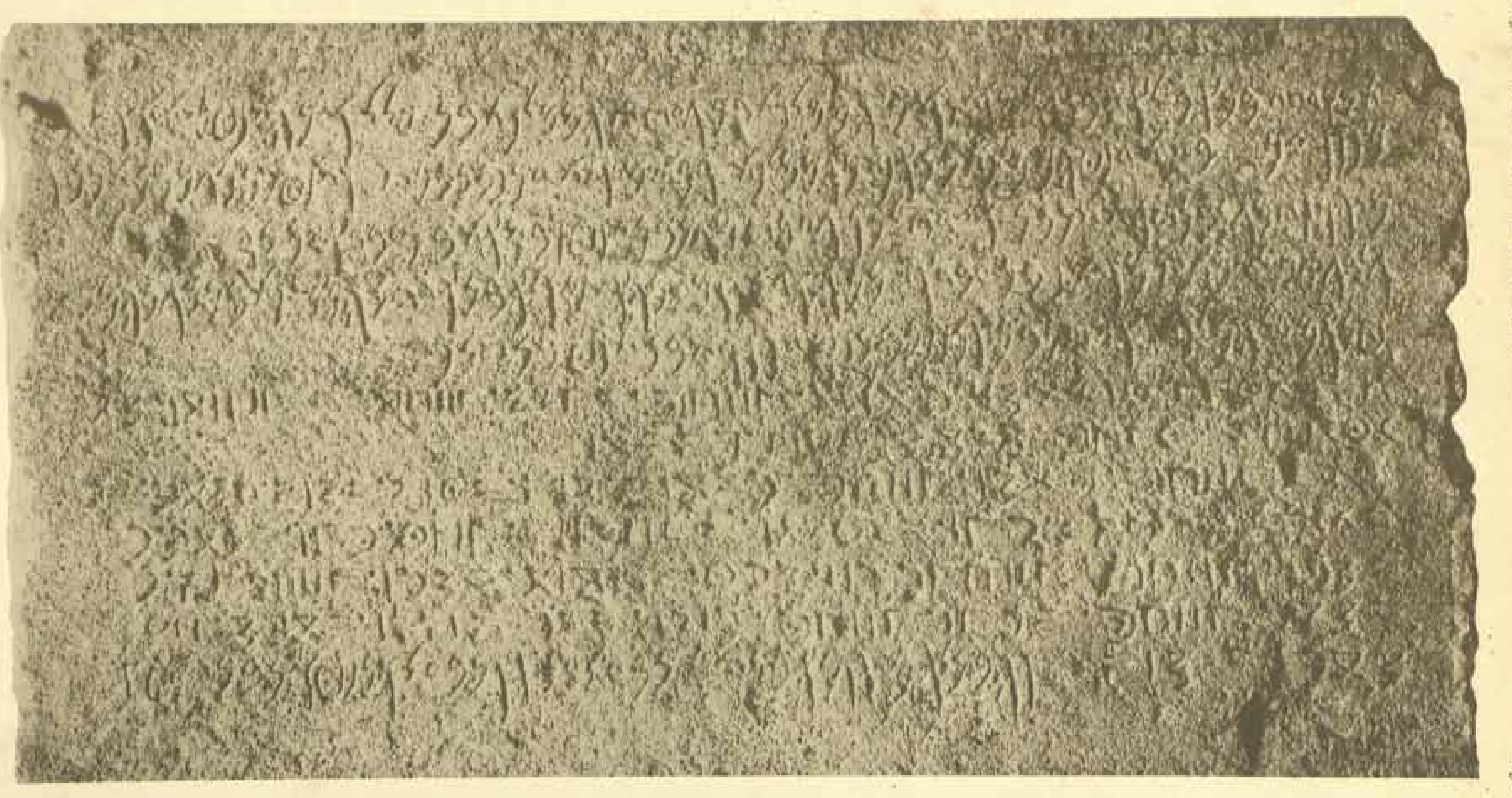
4. Gellidgjml war Zmr, Sohn des Msnf, Sohnes des 'Abd-Ešmūn. Der Vorsitzende der Fünfzigmänner war Mqlo, Sohn des Königs 'Šjn, Sohnes des Königs Magon.

5. Über dieses Werk waren eingesetzt 'Šjn, Sohn des 'Nkkn, Sohnes des Pattiš und Ariš, Sohn des Šafat, Sohnes des Šnk.

6. Die Baumeister waren Hanno, Sohn des Jatanba'al, Sohnes des Hannibal, und Nftsan, Sohn des Šntq.«

Ausgegeben am 27. März.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



M. Lidzbarski: Eine punisch-altberberische Bilinguis aus einem Tempel des Massinissa.



1913.
XVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

27. März. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Schwarzschild sprach über die Verwendung des Objectivprismas zum Studium der Sternspectren und legte im Anschluss daran zwei Mittheilungen vor:

a) Über die Radialgeschwindigkeit des Sterns 63 Tauri.

Die von Hrn. E. C. Pickering angegebene Reversionsmethode zur Bestimmung von Radialgeschwindigkeiten mittelst des Objectivprismas wurde in der Weise verwandt, dass nicht die Radialgeschwindigkeiten selbst, sondern nur die Änderungen der Radialgeschwindigkeiten gesucht wurden. Durch eine kleine Abänderung des Zeissschen Stereocomparators war es leicht möglich, entsprechende Spectren von zwei Platten neben einander zu spiegeln und so die Unterschiede zwischen ihnen bequem zu messen. Als drei Aufnahmen der Hyaden, die mit dem Objectivprisma gewonnen worden waren, auf diese Weise verglichen wurden, ergab sich eine starke kurzperiodische Veränderlichkeit der Radialgeschwindigkeit des Sterns 63 Tauri.

b) Eine gemeinsam mit Hrn. Prof. Dr. G. Eberhard in Potsdam verfasste Mittheilung: Über Umkehrungen der Calciumlinien H und K in Sternspectren.

Die Sterne Arctur, Aldebaran und π Geminorum zeigen dieselbe Umkehr der Calciumlinien H und K, welche man auf der Sonne in Störungsgebieten beobachtet.

2. Hr. Fischer berichtete über eine in Gemeinschaft mit Hrn. Dr. K. Zach ausgeführte Untersuchung »Reduction der Acetobromglucose und ähnlicher Stoffe«.

Die Reduction gelingt leicht mit Zinkstaub und Essigsäure. Sie führt gegen Erwarten nicht zum Acetylsorbit, sondern zu einer Verbindung $C_{12}H_{16}O_7$, die durch Alkalien in Essigsäure und eine zuckerähnliche Substanz $C_6H_{10}O_4$ zerlegt wird. Letztere erhält den Namen Glucal und ist der Vertreter einer bisher unbekannten Körperclasse.

Die Akademie hat in der Sitzung vom 20. Februar den Professor der Zoologie an der Columbia-Universität zu New York Edmund B. Wilson zum correspondirenden Mitglied ihrer physikalisch-mathematischen Classe gewählt.

Über die Radialgeschwindigkeit des Sterns 63 Tauri.

Von K. Schwarzschild.

Zur Bestimmung von Radialgeschwindigkeiten mit Hilfe des Objektivprismas hat Hr. E. C. Pickering vorgeschlagen, zwei Aufnahmen einer Sterngegend unter Umkehrung des Prismas um 180° auf dieselbe Platte zu machen. Die Abstände entsprechender Linien in den beiden Spektren jeden Sterns hängen dann von der Radialgeschwindigkeit ab, und die Messung dieser Abstände ermöglicht nach der Identifikation der Linien und bei Kenntnis der nötigen Reduktionskonstanten die Ableitung der Radialgeschwindigkeiten.

Statt die Radialgeschwindigkeiten selbst bestimmen zu wollen, kann man sich indessen auch darauf beschränken, mit Hilfe derartiger Doppelaufnahmen nur nach ihrer Veränderlichkeit zu suchen. Sind die Linienabstände für einen Stern auf einer ersten Platte gleich s, auf einer zweiten gleich s', so würde die Differenz $s'-s$ bereits die Veränderung der Radialgeschwindigkeit des Sterns messen, wenn die Aufnahmebedingungen absolut identisch wären. Die unvermeidlichen Änderungen der Aufnahmebedingungen haben zur Folge, daß sich über den Einfluß der Radialgeschwindigkeit noch eine lineare Funktion der rechtwinkligen Sternkoordinaten x, y lagert. Es gelten für die gemessenen Differenzen $s'-s$ Gleichungen von der Form:

$$s'-s = \alpha + \beta x + \gamma y + \Delta(s'-s),$$

wo α, β, γ von den Aufnahmebedingungen der Platten abhängige Konstanten sind und wo nur der Rest $\Delta(s'-s)$ den Einfluß der veränderlichen Radialgeschwindigkeit darstellt. Die drei Konstanten α, β, γ lassen sich aus den Sternen bestimmen, deren Radialgeschwindigkeit sich nicht ändert. Bildet man dann die Reste $\Delta(s'-s)$ für die übrigen Sterne, so kann man daraus ohne weiteres die Änderungen der Radialgeschwindigkeiten derselben ableiten. Falls nicht nur lineare, sondern auch quadratische Glieder in x, y im Ausdruck von $s'-s$ merklich sein sollten, so lassen sich dieselben, wie an anderem Ort ausgeführt werden soll, doch immer leicht von vornherein in Rechnung setzen.

Die Messung der Differenzen $s'-s$ geschieht am einfachsten, indem man die entsprechenden Spektren von beiden Platten nebenein-

anderspiegelt, was ich durch eine kleine Abänderung des Blinkmikroskops des Zeißschen Stereokomparators ausführte. Man kann dann sämtliche Linien beider Spektren zur Deckung bringen, eine Identifikation der Linien ist überflüssig, und die Vergleichung zweier Spektra ein und desselben Sterns ermöglicht auch die Mitbenutzung äußerst schwacher Linien, die man auf einer einzelnen Aufnahme kaum zu messen wagen würde, alles analog der Vermessung gewöhnlicher Spektrogramme mit dem Hartmannschen Spektrokomparator.

Ob dieser Methode der Suche nach veränderlichen Radialgeschwindigkeiten, verglichen mit den Leistungen der großen Teleskope und Spaltspektrographen, eine allgemeinere Bedeutung zukommt, darüber möchte ich mir noch kein Urteil erlauben. Indessen kann ich ein Resultat mitteilen, das ich mit ihrer Hilfe erhalten habe. Es wurden drei Doppelaufnahmen der Hyaden vom 10. Januar 1912, vom 1. Januar und 4. Januar 1913 in der geschilderten Weise miteinander verglichen. Das Instrument, mit dem dieselben gewonnen waren, war das Zeißtriplet von 150 mm Öffnung und 1500 mm Brennweite, verbunden mit einem Objektivprisma, das von H γ bis K 10 mm Dispersion gab. Die Vergleichung ergab für den Stern 63 Tauri (1900.0 $4^h\ 17^m.7 + 16°\ 33'$) folgende Abweichungen der Radialgeschwindigkeit vom (unbekannten) Mittelwert: + 5 km/sec, — 37 km/sec, + 33 km/sec. Da der Stern gute Linien hat, gehen diese Zahlen weit über die Beobachtungsunsicherheit hinaus, und es war zu schließen, daß er eine veränderliche Radialgeschwindigkeit von kurzer Periode und großer Amplitude habe. Der Stern ist in H. R. als von der Größe $5^m.68$ und von Typus A, angegeben, in der P. D. als $5^m.93$. Mit Hilfe des großen Refraktors und des Spektrographen III war er in 60^m gut erreichbar, nachdem in den Spektrographen eine kurze Kamera mit dem neuen lichtstarken Chromaten[1] von 180 mm Brennweite eingesetzt worden war. Aufnahmen mit dem Spektrographen bestätigten die Veränderlichkeit. Die Amplitude dürfte etwa 70—80 km/sec, die Periode acht Tage betragen. Eine genauere Bearbeitung ist im Gange.

Der Stern gehört nach seiner Eigenbewegung und offenbar auch nach seiner mittleren Radialgeschwindigkeit physisch zu den Hyaden. Er ist aber nach Hrn. Hertzsprung[2] anormal, insofern er eine schwächere K-Linie im Verhältnis zu den Wasserstofflinien hat als die anderen physischen Hyaden gleicher Helligkeit.

[1] Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912, S. 1220.

[2] Publ. des Astrophys. Observatoriums zu Potsdam Nr. 63, S. 35.

Über Umkehrungen der Calciumlinien H und K in Sternspektren.

Von G. Eberhard und K. Schwarzschild.

Im Jahre 1900 machten die HH. G. Eberhard und H. Ludendorff auf Wunsch von H. C. Vogel Aufnahmen von Sternspektren mit Hilfe des kleinen Spektrographen D, die den Zweck haben sollten, die Sternspektren möglichst weit ins Ultraviolett hinein zu verfolgen. Im sichtbaren Gebiet waren diese Spektren außerordentlich stark überexponiert. G. Eberhard fand auf einer derartigen Aufnahme des Arkturspektrums, daß die Calciumlinie K eine scharfe Umkehr aufwies, daß also in der Mitte der Absorptionslinie eine Calciumemission statthatte, so wie man es bei der Sonne in gestörten Gebieten ihrer Oberfläche beobachtet. Da die Absorption in der breiten Calciumlinie sehr stark und die Emission nicht sehr kräftig war, so kam die Umkehr nur in Spektren zum Vorschein, deren kontinuierlicher Grund bis in die Gegend der H- und K-Linie überexponiert war.

Weitere Beispiele derselben Erscheinung sind neuerdings von K. Schwarzschild mit Hilfe des Objektivprismas aufgefunden worden. Auf den in der vorausgehenden Mitteilung erwähnten Aufnahmen der Hyaden mit dem U. V. Zeißtriplet und U. V. Objektivprisma (150 mm Öffnung, 1500 mm Brennweite, Dispersion $H\gamma$ bis K 10 mm) fanden sich stark überexponierte Spektren von Aldebaran, welche gleichfalls die Umkehr der K- — und etwas schwächer — der H-Linie des Calciums aufwiesen.

Bei α Aurigae und α Ursae majoris war auf ähnlichen Aufnahmen keine Umkehr zu erkennen, ebensowenig bei α Orionis und α Cassiopeiae; bei letzteren beiden Sternen war vielleicht allerdings die Exposition noch nicht kräftig genug. Bei einer einstündigen Exposition von β Geminorum mit dem Objektivprisma zeigte auch das Spektrum dieses Sternes keine Umkehr, aber auf derselben Platte fand sich, daß der Nachbarstern σ Geminorum außerordentlich helle, scharfe Emissionslinien inmitten der breiten Absorptionslinien aufwies.

Wenn der bloße Anblick der Spektren auch schon ziemlich überzeugend dartat, daß man es nicht mit einer Aussparung im kontinuierlichen Spektrum, sondern mit wirklicher Emission zu tun habe, so schien es doch gut, durch Bestimmung der Wellenlänge der Umkehrungen ihre Zugehörigkeit zum Calcium zu kontrollieren. Im folgenden sind die Resultate einiger Messungen mitgeteilt, wobei die Lage der Umkehrung durch die Abweichung der Radialgeschwindigkeit gegeben ist, welche aus der Umkehrung, verglichen mit 7 bis 10 benachbarten Sternlinien (Fe und Al) folgt:

		H	K
α Bootis:	Großer Refraktor. Spektrograph III mit kurzer Kamera (Neuchromat mit 180 mm Brennweite), Spaltbreite 0.10 mm, Breite des Spektrums 0.05 mm. 1913, Febr. 23. Expositionszeit 30^{m}	H − 3 km/sec.,	K + 6 km/sec.,
α Bootis:	Zeißtriplet mit Objektivprisma. Breite des Spektrums 0.2 mm. 1912, April 23. Zwei Expositionen von 14^{m} und 7^{m}. Im Mittel aus beiden	+ 5 »	+ 5 »
α Tauri:	Desgl. 1912, Jan. 14, eine Exposition von 30^{m}. 1913, Jan. 1, zwei Expositionen von je 30^{m}. Im Mittel aus allen dreien	− 3 »	+ 3 »
σ Geminorum:	Desgl. 1913, März 9 und 1913, März 12 je 60^{m} exponiert. Im Mittel aus beiden	− 6 »	− 7 »

Da in der Gegend von H und K für den Spektographen $1\,\mu = 1.2$ km/sec., für das Objektivprisma $1\,\mu = 2.6$ km/sec. ist, so bedeuten diese Zahlen zunächst nur, daß die Wellenlänge der Umkehrungen innerhalb der Meßgenauigkeit mit der Wellenlänge der H- und K-Linien übereinstimmt. Die Helligkeit der H- und K-Umkehr ist bei σ Geminorum so groß, daß ihre Schwärzung die der hellsten Stellen im kontinuierlichen Spektrum zwischen H und K erreicht. Die Breite der Emissionslinie beträgt auf der Aufnahme vom 12. März etwa 1 A. E., was infolge der Luftunruhe und der Pointierfehler aber kein Maß für die wirkliche — vermutlich viel geringere — Linienbreite ist, sondern nur die Stärke der Erscheinung verdeutlicht. Bei Aldebaran ist, wie aus dem Vergleich mit anderen gleichzeitig auf der Platte erhaltenen Hyadensternen hervorgeht, die Helligkeit der Umkehr bei ähnlicher Breite um etwa 3 Größenklassen relativ zum kontinuierlichen Spektrum schwächer als bei σ Geminorum. Arktur zeigt wenig stärkere Umkehr als Aldebaran. K ist bei allen 3 Sternen kräftiger als H.

Bei der Sonne beobachtet man in Spektren sehr großer Dispersion überall auf ihrer Scheibe eine sehr feine und schwache Um-

kehr vor allem der K-Linie. In vereinzelten Störungsgebieten wird die Umkehr so stark wie bei σ Geminorum. Um ein Urteil über die durchschnittliche Stärke der Emission auf der Sonne, verglichen mit den Sternen, zu gewinnen, wurde (am 14. März 1913) das Spektrum des diffusen Himmelslichts mit derselben Dispersion, wie die Sternspektren, aufgenommen und ähnlich stark exponiert. Das Spektrum des diffusen Himmelslichts entspricht ja dem durchschnittlichen Spektrum der Sonne. Auf diesen Aufnahmen war von einer Umkehr der H- und K-Linie nichts zu sehen. Daraus ist zu schließen, daß die Emission bei den obigen Sternen sehr viel stärker ist als auf der Sonne.

Es seien noch folgende allgemeine Bemerkungen hinzugefügt. Linienumkehrungen in Sternspektren sind an sich nichts seltenes. Die hier gefundenen Umkehrungen sind aber deshalb interessant, weil sie sich auf Sterne beziehen, die der Sonne in ihrem ganzen Spektraltypus nahe verwandt und uns dadurch im einzelnen verständlicher sind. Dieselbe Art von Eruptionstätigkeit, die die Sonne in Flecken, Flocken und Protuberanzen zeigt, hat man sich offenbar auf Arktur und Aldebaran, vor allem aber auf σ Geminorum in mächtig gesteigerter Intensität vorzustellen. Für Arktur stimmt damit das Ergebnis von Hrn. Adams[1], daß das Spektrum dieses Sterns auch in den Absorptionslinien einen Übergang vom normalen Sonnenspektrum zum Spektrum der Sonnenflecken darstellt.

Für die Folge ergeben sich zwei Probleme. Es werden die Emissionslinien der Sterne auf eine etwaige Veränderlichkeit ihrer Intensität in Analogie zur Sonnenfleckenperiode zu prüfen sein. Ferner ist durch die Untersuchungen der HH. Deslandres[2] und St. John[3] bekannt, daß die Zentren der Calciumemission auf der Sonne eine radial auswärts gerichtete Bewegung von 1 km/sec. haben. Es wird noch durch genauere Wellenlängenbestimmung der Calciumemission der Sterne zu prüfen sein, ob mit der größeren Gesamtintensität der Emission auch eine größere Aufstiegsgeschwindigkeit verbunden ist.

---

[1] Astrophys. Journal Bd. XXIV S. 69.
[2] Comptes rendus, 1905, S. 381.
[3] Astrophys. Journal Bd. 32 S. 36.

Reduktion der Acetobromglucose und ähnlicher Stoffe.

Von Emil Fischer und Karl Zach.

Nach der allgemein angenommenen Strukturformel der Acetobromglucose sollte man erwarten, daß beim Ersatz des Halogens durch Wasserstoff ein Tetraacetylderivat des Sorbits entstehe. Nun wird das Brom durch Behandlung mit Zinkstaub und Essigsäure bei gewöhnlicher Temperatur und sogar schon bei 0° rasch abgelöst, aber der Prozeß verläuft in ganz anderem Sinne, als obiger Erwartung entsprechen würde. Es entsteht in reichlicher Menge ein gut kristallisierender Körper, der nach der Analyse, Molekulargewichtsbestimmung und dem Resultat der Hydrolyse die Formel $C_{12}H_{16}O_7$ hat. Seine Entstehung aus der Acetobromglucose läßt sich also durch folgende empirische Gleichung ausdrücken

$$C_{14}H_{19}O_9Br + 2H = C_{12}H_{16}O_7 + C_2H_4O_2 + HBr.$$

Das neue Produkt addiert in Chloroformlösung sofort 2 Atome Brom, scheint mithin eine Äthylenbindung zu enthalten. Durch Alkalien oder Barytwasser wird es schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht verseift. Dabei entsteht Essigsäure, und zwar entspricht ihre Menge 3 Molekülen. Das zweite Produkt ist ein in Wasser und Alkohol äußerst leicht löslicher dicker Sirup, den wir bisher nicht kristallisiert erhielten. Leider ist es auch nicht gelungen, kristallisierte Derivate zu bereiten, dagegen läßt es sich im hohen Vakuum destillieren, und die Analysen des Destillats stimmen am besten auf die Formel $C_6H_8O_3$. Es scheint deshalb aus dem Acetylprodukt nach folgender Gleichung zu entstehen:

$$C_{12}H_{16}O_7 + 2H_2O = C_6H_8O_3 + 3C_2H_4O_2.$$

Der neue Körper zeigt die Reaktionen der Aldehyde. Er färbt die fuchsinschweflige Säure, reduziert Silberoxyd und Fehlingsche Lösung in der Wärme und wird durch warme Alkalien rasch gelb bis braun gefärbt. Mit Phenylhydrazin, Benzylphenylhydrazin und Bromphenylhydrazin gibt er ölige Derivate, die den Hydrazonen, aber nicht den Osazonen gleichen. Von den gewöhnlichen Zuckern unterscheidet er sich ferner durch das Verhalten gegen Brom, das er in wässeriger

Lösung sofort entfärbt, wie auch gegen Mineralsäuren, von denen er außerordentlich schnell in eine dunkle harzige Masse verwandelt wird. Endlich gibt er bei Gegenwart von Salzsäure eine intensive grüne Fichtenspanreaktion. Diese Eigenschaften haben uns auf die Vermutung geführt, daß er ein Derivat des Dihydrofurans ist, etwa von folgender Struktur

```
          HC ═══ CH
          |      |
    HOC·HC       CH·CH₂OH.
          \    /
            O
```

In der Acetylverbindung müßten dann allerdings 2 Essigsäure durch die Aldehydgruppe nach Analogie des Methylendiacetats gebunden sein. Da die Entstehung eines so konstituierten Körpers aus der Acetobromglucose ein recht verwickelter Vorgang wäre, so betonen wir ausdrücklich, daß obige Formel keineswegs durch unsere Versuche bewiesen wird, und daß wir sie nur als einen vorläufigen Versuch zur Veranschaulichung der Beobachtungen betrachten.

Das von uns angewandte Reduktionsverfahren ist nicht auf die Acetobromglucose beschränkt, denn die Erscheinungen wiederholten sich bei der Acetobromgalactose und der Acetobromlactose. Allerdings waren die Produkte hier weniger schön. Aus der Acetobromgalactose erhielten wir ein dickflüssiges Öl. Auch der Körper aus Acetobromlactose wurde bisher nicht kristallisiert gewonnen, aber er bildet eine feste, farblose Masse, deren Analyse sich gut ausführen ließ. Da es sich hier also offenbar um eine neue, ziemlich große und recht eigenartige Körperklasse handelt, für die eine rationelle Bezeichnung noch nicht möglich ist, so scheint es uns zweckmäßig, dafür empirische Namen zu wählen. Wir nennen deshalb das Derivat der Glucose entsprechend seiner Aldehydnatur Glucal und die zugehörige Acetylverbindung, in der die Bindung der 3 Essigsäurereste noch nicht sicher festgestellt ist, Acetoglucal. Für das erste Produkt aus Acetobromlactose ergibt sich der analoge Name Acetolactal.

Acetoglucal.

10 g Acetobromglucose werden mit 100 ccm abgekühlter 50prozentiger Essigsäure übergossen und nach Zusatz von 20 g Zinkstaub 1½ Stunden auf der Maschine bei Zimmertemperatur kräftig geschüttelt. Dabei geht die Acetobromglucose allmählich in Lösung. Die Reduktion kann auch bei 0° ausgeführt werden; da aber die Ausbeute dadurch nicht besser wird, so hat diese Abänderung keinen Zweck. Schließlich wird die klare Essigsäurelösung vom Zinkstaub abgesaugt und

bei 10—20 mm Druck bis zur Abscheidung von Zinksalzen eingedampft. Man verdünnt jetzt mit 100 ccm Wasser, extrahiert das gefällte Öl mit Äther und wäscht die ätherische Lösung erst sorgfältig mit Natriumbicarbonatlösung und dann mit Wasser. Beim Verdampfen des Äthers bleibt der Acetylkörper als farbloses Öl, das beim Impfen sehr rasch kristallisiert. Ausbeute 5.5 g oder 83 Prozent der Theorie. Ohne Impfung braucht das Öl Tage oder Wochen, bevor es spontan erstarrt. Durch einmaliges Umkristallisieren aus verdünntem Alkohol ist die Substanz leicht ganz rein zu erhalten. Für die Analyse wurde im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd getrocknet.

0.1704 g Substanz: 0.3300 g CO_2, 0.0906 g H_2O
0.1490 g » 0.2889 g CO_2, 0.0792 g H_2O

$C_{12}H_{16}O_7$ (M. G. 272.13)

Berechnet:	52.91 % C		5.93 % H	
Gefunden:	52.82	52.88 % C	5.95	5.95 % H

Zu den optischen Bestimmungen diente die alkoholische Lösung.

I. 0.1237 g Substanz. Gesamtgewicht der Lösung 1.3127 g. $d^{20} = 0.815$. Drehung im 1-dcm-Rohr bei 20° und Natriumlicht 1.0° nach links.

Mithin $[\alpha]_D^{20} = -13.02°$.

II. 0.1008 g Substanz. Gesamtgewicht der Lösung 1.0802 g. $d^{20} = 0.815$. Drehung im 1-dcm-Rohr bei 20° und Natriumlicht 0.99° nach links.

Mithin $[\alpha]_D^{20} = -13.02°$.

Die Molekulargewichtbestimmung wurde in Bromoformlösung ausgeführt, für die $K = 143$ angenommen ist. Gewicht des Lösungsmittels 49.14 g.

I. 0.2878 g Substanz $\Delta = 0.308°$
Mithin M = 271.9
II. 0.5980 g Substanz $\Delta = 0.658°$
Mithin M = 264.5
III. 0.9019 g Substanz $\Delta = 0.999°$
Mithin M = 262.7

Der Mittelwert aus diesen Bestimmungen ist 266.4 während 272.1 berechnet ist.

Die Substanz schmilzt nach vorherigem Sintern bei 54—55° und läßt sich in kleiner Menge sogar bei gewöhnlichem Druck destillieren. Sie löst sich leicht in allen gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln,

außer Petroläther und Ligroïn, von denen sie nur in der Wärme leicht aufgenommen wird. In heißem Wasser löst sie sich auch ziemlich gut und fällt beim Erkalten ölig aus. Sie reduziert die Fehlingsche Lösung in der Wärme stark, aber doch erheblich schwächer als Traubenzucker. Die in der Wärme bereitete und rasch abgekühlte wässerige Lösung färbt fuchsinschweflige Säure, die in der üblichen Weise durch Lösen von 0.5 g Fuchsin in 100 ccm Wasser, Sättigen mit gasförmigem Schwefeldioxyd bereitet, und nach der Entfärbung durch Evakuieren von dem überschüssigen SO_2 befreit ist, nach einigen Minuten ganz schwach rosa. Die Färbung wird im Laufe von 1 bis 2 Stunden ganz deutlich, bleibt aber sehr viel schwächer als bei dem Glucal selbst. Die Acetylverbindung scheint also keine freie Aldehydgruppe zu besitzen und die schwache Reaktion mit fuchsinschwefliger Säure ist vielleicht nur durch eine vorhergehende geringe Zersetzung, d. h. Abspaltung von Acetylgruppen hervorgerufen.

Einwirkung von Brom. Wie schon erwähnt, nimmt das Acetoglucal leicht 2 Atome Brom auf, wie folgender Versuch zeigt: 1 g wurde in 10 ccm reinem Chloroform gelöst, mit Eis abgekühlt und mit einer Lösung von Brom in Chloroform, die im Kubikzentimeter 0.05115 Brom enthielt, solange versetzt, bis eben eine bleibende Gelbfärbung eintrat. Dazu waren 11.2 ccm Bromlösung nötig. Die Menge des addierten Broms betrug also 0.573 g, während 0.588 g nach der Gleichung $C_{12}H_{16}O_7 + 2\,Br = C_{12}H_{16}O_7Br_2$ berechnet sind. Eine zweite Bestimmung mit 1 g Substanz gab 0.583 g addiertes Brom.

Beim Verdunsten der Chloroformlösung blieb das Additionsprodukt als dickes farbloses Öl zurück, das bisher nicht kristallisierte. Darüber braucht man sich nicht zu wundern, da bei Addition von Brom an die Äthylengruppe eines asymmetrischen Moleküls 4 verschiedene stereoisomere Körper entstehen können. Der Bromkörper ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich, beim Kochen geht er allmählich in Lösung, wird aber dabei in leicht lösliche Produkte verwandelt. Er reduziert sehr stark Fehlingsche Lösung.

Bestimmung der Acetylgruppen. Nachdem wir uns überzeugt hatten, daß das Acetoglucal schon durch verdünntes Barytwasser bei gewöhnlicher Temperatur völlig verseift wird, wurde 1 g gepulvertes reines Präparat mit 100 ccm $\frac{n}{5}$ Barytlösung bei gewöhnlicher Temperatur auf der Maschine geschüttelt. Schon nach 1 Stunde war der größte Teil gelöst. Nach 15stündigem Schütteln wurde das unverbrauchte Bariumhydroxyd durch *n*-Salzsäure mit Phenolphtalein als Indikator zurücktitriert. Dazu waren nötig beim ersten Versuch 8.95 ccm und beim zweiten, ganz unabhängig davon ausgeführten Versuch 9 ccm

n-Salzsäure. Mithin waren verbraucht zur Neutralisation der Essigsäure 55.25 bzw. 55.0 ccm $\frac{n}{5}$ Barytwasser, während für 3 Moleküle Essigsäure 55.12 ccm. berechnet sind.

Glucal.

10 g reine Acetverbindung wurden mit einer Lösung von 50 g kristallisiertem, reinem, wasserhaltigen Bariumhydroxyd in 700 ccm Wasser 15 Stunden bei Zimmertemperatur geschüttelt, dann der Baryt genau mit Schwefelsäure ausgefällt und die filtrierte Flüssigkeit bei 10—15 mm Druck eingedampft. Wenn man jeden Überschuß von Schwefelsäure vermieden hat, bleibt das Glucal als farbloser Sirup zurück. Die einzige Reinigungsmethode, die wir bisher gefunden haben, ist die Destillation im hohen Vakuum. Zu dem Zweck wurde der Sirup mit Alkohol aufgenommen und wieder an der Wasserstrahlpumpe verdampft, um alle Essigsäure zu entfernen; dann wurde mit wenig Alkohol in ein kleines Fraktionierkölbchen umgefüllt, der Alkohol wieder verdunstet und der Rückstand aus dem Ölbad in der üblichen Weise unter 0.2 mm Druck destilliert. Bei einer Ölbadtemperatur von 170—185° ging das Glucal langsam als dicker farbloser Sirup über, während im Destillationsgefäß eine dunkle Masse zurückblieb. Das Destillat wurde direkt analysiert:

0.1289 g Substanz: 0.2628 g CO_2, 0,0763 g H_2O
0.1435 g » » 0.2932 g CO_2, 0,0840 g H_2O

$C_6H_8O_3$ (128,06)

Berechnet:	56.22 % C		6.30 % H	
Gefunden:	55.61	55.72 % C	6.62	6.55 % H

Obschon die Zahlen an Genauigkeit zu wünschen übrig lassen, sprechen sie doch sehr für die angenommene Formel. Wir halten aber weitere Versuche zu ihrer Sicherstellung für nötig.

Das Glucal ist sehr leicht löslich in Wasser und Alkohol, schwer in Äther. Es reduziert stark Fehlingsche Lösung, bräunt sich mit Alkalien und ist besonders empfindlich gegen Mineralsäuren. Übergießt man es z. B. mit kalter, rauchender Salzsäure, so färbt es sich sofort dunkel und verwandelt sich in ein dunkles Harz. Mit 5*n*-Salzsäure geht die Veränderung langsamer vonstatten und das Harz hat eine schmutziggrüne Farbe. Die Harzbildung findet auch beim Erhitzen mit sehr verdünnter Salzsäure statt.

Mit fuchsinschwefliger Säure gibt es schon nach einigen Minuten eine starke rotviolette Färbung. Bringt man einen Fichtenspan erst

in eine wässerige Lösung des Glucals und dann in Salzsäuredampf oder in konzentrierte wässerige Salzsäure, so färbt er sich intensiv grün.

Erhitzt man 1 Teil Glucal mit 2 Teilen salzsaurem Phenylhydrazin, 3 Teilen Natriumacetat (wasserhaltig) und 15 Teilen Wasser 1 Stunde auf dem Wasserbad, so färbt sich die Lösung gelb und scheidet in der Kälte ein gelbrotes Öl ab, das in heißem Wasser ziemlich leicht löslich ist und bisher nicht kristallisiert erhalten wurde. Ähnliche Produkte liefern Bromphenylhydrazin und Benzylphenylhydrazin.

Die wässerige Lösung des Glucals entfärbt sofort Bromwasser. Das destillierte Präparat schmeckte stark bitter.

Rückverwandlung des Glucals in die Acetverbindung. 2 g möglichst trockenes, aber nicht destilliertes Glucal wurden mit 20 ccm Essigsäureanhydrid und 2 g trockenem Natriumacetat $1\frac{1}{2}$ Stunden auf 100° erhitzt, dann die schwach gefärbte Lösung unter stark vermindertem Druck verdampft und der Rückstand noch mehrmals mit Alkohol abgedampft, um alles Essigsäureanhydrid zu entfernen. Schließlich wurde mit Wasser versetzt, das abgeschiedene Öl ausgeäthert, der ätherische Auszug mit Bicarbonat und Wasser gewaschen, filtriert und verdampft. Das zurückbleibende Öl erstarrte beim Impfen bald und zum größeren Teil. Anhaftendes Öl wurde durch scharfes Pressen zwischen Fließpapier entfernt und der Rückstand aus verdünntem Alkohol umkristallisiert. Ausbeute 1.1 g. Das Präparat zeigte den Schmelzpunkt, das optische Drehungsvermögen und auch die Zusammensetzung der ursprünglichen Acetverbindung.

0.1524 g Substanz: 0.2959 g CO_2, 0.0796 g H_2O
$C_{12}H_{16}O_7$ (272.13) Berechnet: 52.91 % C 5.93 % H
Gefunden: 52.95 % C 5.85 % H

0.1100 g Substanz Gesamtgewicht der alkoholischen Lösung 1.1756 g. $d^{20} = 0.816$. Drehung im 1-dcm-Rohr bei 20° und Natriumlicht 0.99° nach links. Mithin

$$[\alpha]_D^{20} = -12.97°$$

Acetolactal.

Die Reduktion der Acetobromlactose verläuft genau so wie bei der Acetobromglucose. 5 g reine Acetobromlactose, die aus Oktacetyllactose durch Bromwasserstoff-Eisessiglösung hergestellt war[1], wurden mit 50 ccm Essigsäure und 10 g Zinkstaub 1 Stunde bei Zimmertemperatur geschüttelt, dann die Lösung filtriert, mit festem Natriumbicarbonat neu-

[1] E. Fischer und H. Fischer, Ber. d. D. chem. Ges. **43**. 2530 (1910).

tralisiert und das abgeschiedene Öl ausgeäthert. Als der mit Wasser sorgfältig gewaschene Äther verdampft wurde, blieb eine farblose, blätterige, aber amorphe Masse zurück, die nach dem Trocknen im Vakuumexsikkator direkt zur Analyse diente.

0.1417 g Substanz: 0.2667 g CO_2 0.0753 g H_2O

$C_{24}H_{32}O_{15}$ (560.26) Berechnet: 51.40% C 5.76% H

Gefunden: 51.33% C 5.95% H

Die Bildung des Acetolactals erfolgt also nach der Gleichung

$$C_{26}H_{35}O_{17}Br + 2H = C_{24}H_{32}O_{15} + C_2H_4O_2 + HBr$$

Abgesehen von der geringeren Neigung zur Kristallisation gleicht es dem Acetoglucal nicht allein in den Löslichkeitsverhältnissen, sondern auch in dem Verhalten gegen Brom in Chloroformlösung, Verseifung durch Alkalien usw.

Zur Physiologie der Zellteilung.

Von G. Haberlandt.

(Vorgetragen am 27. Februar 1913 [s. oben S. 253].)

I.

Vor einer Reihe von Jahren habe ich in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Wien über Kulturversuche berichtet[1], die ich mit künstlich isolierten vegetativen Zellen von höher entwickelten Pflanzen in verschiedenen Nährlösungen angestellt hatte. Ich ging dabei von der Voraussetzung aus, daß die Ergebnisse solcher Kulturversuche manches interessante Streiflicht auf die Eigenschaften und Fähigkeiten werfen würden, die die Zelle als Elementarorganismus in sich birgt; auch waren Aufschlüsse über die Wechselbeziehungen und gegenseitigen Beeinflussungen zu erwarten, denen die Zellen innerhalb des vielzelligen Gesamtorganismus ausgesetzt sind.

Zu diesen Versuchen wurden vor allem grüne Assimilationszellen, und zwar Palisadenzellen sowohl wie Schwammparenchymzellen, verwendet, die auf mechanischem Wege leicht zu isolieren waren. Als sehr geeignet erwiesen sich in dieser Hinsicht die Hochblätter von *Lamium purpureum*; kleine Blattfragmente wurden auf einem Objektträger in einigen Tropfen der Nährlösung mit zwei Nadeln so lange zerzupft, bis die Betrachtung mit einem schwachen Objektivsysteme das Vorhandensein zahlreicher isolierter Palisaden- und Schwammparenchymzellen ergab. Dieselben wurden teils im hängenden Tropfen, teils in kleinen Petri-Schalen, die ungefähr 10 cm^3 der Nährlösung enthielten, gezüchtet. Die Kulturschalen waren gut beleuchtet, vor direkter Insolation aber geschützt. Natürlich wurden verschiedene Maßregeln getroffen, um die Kulturen möglichst bakterien- und pilzfrei zu erhalten. Als Nährlösungen dienten: Wasserleitungswasser, Knopsche Nährstofflösung, 1—5 prozentige Rohrzuckerlösungen, Knopsche Nährstofflösung mit Zusatz von Rohrzucker, Traubenzucker, Glyzerin, Asparagin und Pepton in wechselnden Kombinationen und Konzentrationen.

[1] G. Haberlandt, Kulturversuche mit isolierten Pflanzenzellen, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Klasse, 111 B, 1902.

Die mit den Assimilationszellen von *Lamium purpureum* angestellten Versuche ergaben im wesentlichen folgende Resultate: Im diffusen Tageslichte blieben die Zellen wochenlang am Leben, am längsten in Knopscher Nährlösung, die überdies 1 Prozent Rohrzucker enthielt. Hier waren auch nach einem Monat noch einzelne Zellen am Leben. Im Dunkeln gingen die Zellen weit rascher zugrunde. Die Chlorophyllkörner assimilierten wenigstens in der ersten Zeit ganz kräftig. Bei der Kultur in Knopscher Nährlösung werden sie allmählich kleiner, blasser und können sich schließlich in zart konturierte kleine Leukoplasten umwandeln. In 3—5 prozentigen Rohrzuckerlösungen nehmen sie dagegen an Größe nicht ab und erscheinen bis zum Tode der Zelle noch intensiv grün gefärbt.

Fast immer ließ sich beobachten, daß die kultivierten Assimilationszellen ein mehr oder minder ausgiebiges Wachstum zeigten. Die durchschnittliche Länge der normalen Palisadenzellen zu Beginn der Versuche betrug 50 μ, ihre Breite 27 μ. In den Kulturen wuchsen sie bis zu 108 μ Länge und 62 μ Breite heran. Daraus berechnet sich eine Volumzunahme um das 11 fache des ursprünglichen Volums. Die zylindrischen Palisadenzellen zeigten dabei im allgemeinen ein stärkeres Breiten- als Längenwachstum; sie suchten sich abzurunden und der Kugelform zu nähern. Weniger ausgiebig, aber immerhin noch sehr beträchtlich war das Wachstum der Schwammparenchymzellen.

Die Zellmembranen der isolierten Assimilationszellen zeigten aber nicht nur Flächen-, sondern auch Dickenwachstum. Häufig stellten sich lokale Membranverdickungen ein, wie an den Querwänden der Palisadenzellen oder in den Einbuchtungen der Schwammparenchymzellen.

Auch mit chlorophyllosen Zellen wurden Kulturversuche ausgeführt. Am bemerkenswertesten waren die Ergebnisse, die ich mit den Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia virginica* erzielte. Die noch nicht ganz ausgewachsenen Haare wurden zerschnitten und in 4—8 zelligen Fragmenten in einen hängenden Tropfen der Nährlösung gebracht, die 2 Prozent Traubenzucker und 0.4 Prozent Asparagin enthielt. Gewöhnlich starben in den Teilstücken alle Zellen bis auf 1 bis 2 ab, so daß tatsächlich einzelne Zellen gezüchtet wurden. Überraschend war nun vor allem die lange Lebensdauer dieser isolierten Haarzellen. Noch nach 26 Tagen waren zahlreiche Zellen am Leben. Durch die künstliche Ernährung konnte also ihre Lebensdauer weit über das Normale hinaus verlängert werden. Dabei zeigten die Zellen ein sehr kräftiges Wachstum und wiesen auch kräftig entwickelte Plasmakörper auf.

Sehr auffallend war das Verhalten der an tote Nachbarzellen grenzenden Querwände. Dieselben wurden natürlich infolge des Turgor-

druckes in die Lumina der abgestorbenen Nachbarzellen vorgewölbt und zeigten meist ein ganz auffälliges Dickenwachstum. Die Membran wurde schließlich 3—5 mal so dick, als sie anfänglich war. Häufig erstreckte sich die Verdickung auch auf die angrenzenden Partien der Außenwände und verlor sich hier allmählich.

Im Schlußkapitel meiner Arbeit, über deren Ergebnisse ich hier kurz referiert habe, ist bereits auf den bemerkenswerten Umstand hingewiesen worden, daß trotz des so häufigen und auffallenden Wachstums der kultivierten Zellen niemals Zellteilungen zu beobachten waren. Ich bezeichnete es demnach als Aufgabe künftiger Kulturversuche, die Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen isolierte Zellen zur Teilung schreiten. Es wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, daß »Wuchsenzyme« im Sinne von Beyerinck bei den Zellteilungen eine wesentliche Rolle spielen. Solche Wuchsenzyme könnten in Vegetationsspitzen, Pollenschläuchen oder Embryosäcken enthalten sein. Wenn es gelänge, sie in geeigneter Weise auf isolierte vegetative Zellen einwirken zu lassen, so würde es möglicherweise zu den gewünschten Zellteilungen kommen.

In einer Besprechung meiner Arbeit in der »Botanischen Zeitung« (1902, II. Abt., S. 262) hat Hans Winkler meine Angaben bestätigt und zugleich in Kürze die Ergebnisse seiner eigenen Versuche mitgeteilt[1]. Die von mir angeregten Versuche über die teilungsauslösende Wirkung von »Wuchsenzymen« ergaben mit Ausnahme eines einzigen Falles, den Winkler nicht näher schildert, keine befriedigenden Ergebnisse. Dagegen gelang es ihm, die Wurzelparenchymzellen von *Vicia faba* zu einigen Teilungen zu veranlassen, wenn der Nährlösung (Knop + 1 Prozent Rohrzucker) 0.002 Prozent $CoSO_4$ zugefügt wurde. Dieses Ergebnis ist deshalb bemerkenswert, weil es die schon so oft geäußerte Ansicht bestätigt, daß durch chemische Reizung die Zellen zur Teilung angeregt werden können. Auch bei der Gallenbildung und den mit ihr im Zusammenhange stehenden Zellteilungen handelt es sich ja höchstwahrscheinlich um eine chemische Beeinflussung seitens des betreffenden Insektes oder Pilzes[2]. Dadurch wird der Analogieschluß nahegelegt, daß auch in der normal wachsenden Pflanze chemische Reize, die von bestimmten Organen, Geweben oder Zellen ausgehen, bei den Zellteilungsvorgängen eine wichtige, vielleicht ausschlaggebende Rolle spielen.

---

[1] Die in Aussicht gestellte ausführliche Arbeit ist meines Wissens bisher noch nicht erschienen.

[2] Vgl. Beyerinck, Über das Cecidium von Nematus Capreae auf Salix amygdalina, Bot. Ztg. 1880. — E. Küster, Die Gallen der Pflanzen, Leipzig 1911. In diesem Buche findet sich (S. 279 ff.) ein zusammenhängendes Kapitel über »die Zellen als Chemomorphosen«.

II.

Vor ungefähr anderthalb Jahren habe ich die Frage nach den physiologischen Bedingungen der Zellteilung neuerdings in Angriff genommen, dabei aber insofern einen anderen Weg eingeschlagen, als ich nicht mehr mit isolierten Zellen, sondern mit verschieden großen Zellkomplexen, bzw. Gewebefragmenten experimentierte. Ich suchte die Frage zu beantworten, wie klein die Gewebestückchen sein können, um noch jene Zellteilungen zu erfahren, die bei mechanischen Verletzungen der Organe zur Wundkorkbildung führen oder die Kallusbildung begleiten. Ferner wurde die Frage aufgeworfen, ob in den kultivierten Zellkomplexen ganz bestimmte Gewebearten vertreten sein müssen, damit es in ihnen zur Zellteilung kommen könne. Schon das Ergebnis einiger Vorversuche führte dazu, auf diese zweite Frage das Hauptgewicht zu legen.

Die große Mehrzahl der Versuche wurde im Herbst und Winter 1911/12 und 1912/13 mit Gewebestückchen der Kartoffelknolle ausgeführt. Dieses Versuchsobjekt war für derartige Versuche aus verschiedenen Gründen besonders geeignet. Das Speichergewebe der Kartoffel enthält so reichlich Reservestoffe, daß in jeder einzelnen Zelle die zur Teilung notwendigen Baustoffe in mehr als hinreichender Menge vorhanden sind[1]. Ferner ist es allbekannt, wie leicht und zahlreich an Schnittflächen von Kartoffelknollen jene Zellteilungen auftreten, die auf Wundkorkbildung abzielen. Die Bedingungen, unter denen diese Teilungen sich einstellen, sind von verschiedenen Forschern zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht worden, so daß schon mancherlei Erfahrungen vorlagen, die mir bei meinen Versuchen von Nutzen waren[2].

Was die Versuchsmethodik betrifft, so ist folgendes zu bemerken: Die aus der Kartoffelknolle herausgeschnittenen Stücke waren von würfelförmiger, meist aber von tafelförmiger Gestalt. Gewöhnlich wurden mittels des Mikrotoms 0.25 bis 0.5 mm dicke Schnitte hergestellt; dieselben wurden mit Leitungswasser abgespült und dann

[1] Betreffs der im Zellsaft gelösten stickstoffhaltigen Speicherstoffe der Kartoffelknolle, die teils aus Amiden, teils aus Eiweißsubstanzen bestehen, vgl. G. Haberlandt, Physiol. Pflanzenanatomie, 4. Aufl., S. 381.

[2] So hat bereits L. Olufsen (Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffeln, Beihefte zum Bot. Zentralblatt, 15. Bd., 1903, S. 273) mit kleinen Knollenstücken experimentiert, um zu ermitteln, wie groß relativ eine Wunde sein kann, um noch zu vernarben. Doch gibt er zwar die Querschnittsgrößen der Gewebeprismen an, nicht aber ihre Höhen. Bei Verwendung von Schalenstücken wird nur ihre Dicke mitgeteilt. Auch hat sich Olufsen nicht die Frage vorgelegt, ob für den Eintritt von Zellteilungen im Speichergewebe der Kartoffel die Anwesenheit anderer Gewebearten eine unerläßliche Voraussetzung ist oder nicht.

auf einer Glasplatte mittels eines Skalpells in quadratische oder rechteckige Plättchen von verschiedener Größe zerlegt. Die Länge und Breite dieser Plättchen schwankte gewöhnlich zwischen 1—5 mm, doch wurden auch noch kleinere und größere Plättchen gezüchtet. Da der Durchmesser der isodiametrischen Speicherzellen der Kartoffelknolle 0.13—0.15 mm beträgt, so bestanden die Plättchen aus 2—3 intakten Zellagen, stellenweise auch nur aus einer. Ein quadratisches Plättchen von 1 mm Seitenlänge und 0.25 mm Dicke setzte sich aus etwa 100—150 Speicherzellen zusammen.

Die Plättchen bestanden nicht immer nur aus Speichergewebe. Viele von ihnen waren in verschiedenen Richtungen von Gefäßbündelfragmenten durchzogen, und zwar entweder von zusammengesetzten Bündeln aus Leptom und Hadrom oder nur von zarten Leptombündeln. In den Stengeln der Solanaceen treten bekanntlich in der Peripherie des Markes zarte Leptomstränge auf, die unter den Hadromteilen des Gefäßbündelkreises dichter angeordnet sind, doch auch zwischen den benachbarten Gefäßbündeln, also unter dem Interfaszikularkambium auftreten. In der Kartoffelknolle ist aus diesen Leptombündeln ein den größten Teil des Markes durchziehendes Netzwerk geworden, so daß auf Längs- wie auf Querschnitten durch die Knolle Bündelfragmente zu beobachten sind, die teils längs zur Schnittfläche, teils quer, oder auch schräg verlaufen. Der zentrale Teil des Markes von etwa 1 bis 1.5 cm Durchmesser, der sich durch seinen geringeren Stärkegehalt und durch eine meist recht auffällige Umlagerungsfähigkeit seiner Stärkekörner auszeichnet, ist in der Regel bündelfrei. Dagegen wird die Rinde der Knolle von mehr oder weniger zahlreichen Leptombündeln durchzogen.

Die histologische Untersuchung dieser das Mark und die Rinde durchziehenden Leptomstränge lehrt, daß sie aus Siebröhren bestehen, deren Glieder bis 0.09—0.16 mm lang und 0.008—0.01 mm breit sind. Ihre mit großen Kernen versehenen Geleitzellen sind niemals quergeteilt, also ebenso lang wie die zugehörigen Siebröhrenglieder. Auch betreffs ihrer Weite stehen sie den Siebröhren nicht nach. Außerdem treten in den Bündeln auch großkernige Parenchymzellen auf, die entwicklungsgeschichtlich als Nebenzellen bzw. Schwesterzellen der Röhrenglieder und ihrer Geleitzellen aufzufassen sind. Auf Querschnitten lassen sich diese entwicklungsgeschichtlichen Beziehungen der Bündelelemente, die Entstehung eines ganzen Bündels samt seinen »Nebenzellen«, aus einer einzigen Urmutterzelle oft sehr deutlich feststellen[1].

---

[1] Diese Angaben beruhen auf Untersuchungen, die Frl. Wendel auf meine Veranlassung hin im Botanischen Institut der Universität Berlin ausgeführt hat. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden später ausführlicher mitgeteilt werden.

Bereits Kny[1] hat gefunden, daß zum Auftreten der bei der Wundkorkbildung stattfindenden Zellteilungen freier Sauerstoff notwendig ist, und daß diese Teilungen durch einen mittleren Feuchtigkeitsgehalt der Luft am meisten begünstigt werden. So war schon von vornherein die Kulturmethode vorgezeichnet. Die Gewebestückchen wurden mit einem fast trockenen Pinsel auf feuchtes, gut ausgekochtes Filterpapier gebracht, das den Boden einer flachen Petri-Schale bedeckte. Noch vorteilhafter erwies sich aber die Kultur auf dem schwach angefeuchteten Boden der Schale ohne Filterpapier oder auf Objektträgern: eine Verpilzung der Gewebestückchen trat hier viel seltener ein; auch der schädigende Einfluß von Bakterien machte sich weniger bemerkbar. Einige Kulturen wurden auch auf 2 prozentigem Agar und auf ausgekochten Torfscheiben vorgenommen. Zur Anfeuchtung des Bodens der Petri-Schalen bzw. des Filterpapieres wurde Leitungswasser, in manchen Fällen auch Knopsche Nährlösung verwendet. Die mit einem Deckel versehenen Schalen stellte man auf große Porzellanschüsseln, deren Boden mit Wasser bedeckt war. Die Schüsseln wurden mit Glasglocken zugedeckt; die Gewebestückchen befanden sich so dauernd in sehr feuchter Atmosphäre. Bei geringerem Feuchtigkeitsgehalte der Luft wurde die Transpiration der dünnen Gewebeplättchen leicht zu groß, was den Eintritt der Zellteilungen ungünstig beeinflußte. Anderseits war auch eine andauernde, wenn auch nur ganz schwache Benetzung der Plättchen nicht günstig. Die Regulierung der Feuchtigkeitsverhältnisse ist bei der Kultur so kleiner Gewebestücke überhaupt keine leichte Sache.

Sämtliche Kulturen wurden im diffusen Tageslichte vorgenommen[2], vor direkter Insolation waren sie geschützt. Die Temperatur des Versuchsraumes betrug im Herbst und Winter 18—21°, im Sommer einige Grade mehr.

Die Zahl der Gewebestückchen in jeder Einzelkultur schwankte zwischen 10 und 20 und darüber. Gewöhnlich wurde am 3. Tage nach Beginn des Versuches mit der Kontrolle der Gewebestückchen begonnen. Nach einer orientierenden Besichtigung bei schwacher Vergrößerung wurde das betreffende Würfelchen oder Plättchen in dünne Querschnitte zerlegt, die man dann bei stärkerer Vergrößerung genauer untersuchte.

---

[1] L. Kny, Über die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Berichte der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1889.

[2] Von Kny (a. a. O. S. 157) wurde bereits festgestellt, daß die Zellteilungen, welche die Bildung des Wundperiderms einleiten, im diffusen Tageslichte und unter Lichtabschluß gleichzeitig beginnen und ohne erheblichen Unterschied gleichmäßig fortschreiten.

Die Untersuchung wurde mit verschiedenen Kartoffelsorten vorgenommen. Außer einigen nicht näher bezeichneten, ziemlich grobschaligen Sorten, die aus einer Viktualienhandlung stammten, kamen auch zwei zartschalige Sorten zur Verwendung, die unter den Namen »Kaiserkrone« und »Eiszapfen« von der Samenhandlung Joseph Klar in Berlin bezogen wurden. Ein nennenswerter Unterschied zwischen den einzelnen Sorten war in bezug auf den Eintritt der Zellteilungen nicht festzustellen. Doch gewann ich im allgemeinen den Eindruck, daß die Sorten mit dickerem Periderm in etwas höherem Maße zur Wundkorkbildung und den dazu führenden Zellteilungen disponiert sind als die Sorten mit zarter Korkhaut.

Alle Versuche wurden mit vollkommen ausgewachsenen, reifen Kartoffelknollen durchgeführt. Aufgabe der Untersuchung war ja, festzustellen, unter welchen Bedingungen in kleinen Komplexen von Dauergewebszellen Teilungen eintreten[1].

III.

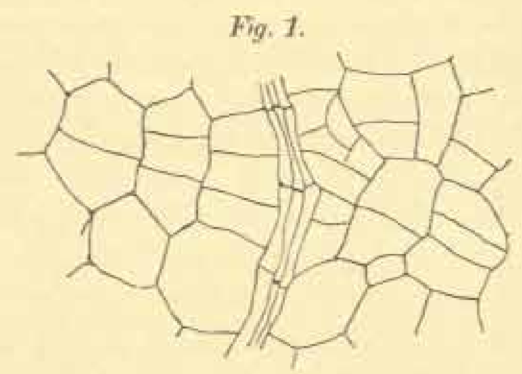
Die ersten Kulturversuche, deren Beginn am 25. Oktober 1911 erfolgte, wurden mit 0.3 mm dünnen Gewebeplättchen, die dem Mark der Knolle entstammten, vorgenommen. Schon nach 4 bis 5 Tagen, spätestens nach einer Woche, stellte sich heraus, daß die leitbündellosen Plättchen, ohne sich gebräunt zu haben, abgestorben waren. Zellteilungen ließen sich nicht beobachten. Eine Auflösung der Stärkekörner hatte nicht stattgefunden. Die Mittellamellen der Zellwände waren meist aufgelöst, so daß sich die Zellen leicht voneinander isolieren ließen. Dasselbe Verhalten zeigten auch jene Plättchen, die ihrer Dicke nach von einem oder mehreren entsprechend kurzen Leptombündelchen durchquert wurden. Die Speicherzellen sowohl wie die Leptomelemente waren tot. Ganz anders verhielten sich dagegen jene Plättchen, die der Länge oder der Quere nach von Leptombündeln durchzogen wurden. Kleinere Plättchen (1×1 bis 1×2 mm) zeigten meist in ihrer ganzen Ausdehnung eine bräunliche Farbe, und ihre Zellen hingen fest zusammen. Größere Plättchen (2×2 bis 4×4 mm) wiesen diese Beschaffenheit wenigstens in der Umgebung der Bündel auf. Erst in einer Entfernung von 1 bis 2 mm von den Bündelfragmenten waren die Zellen farblos und abgestorben.

Die genauere mikroskopische Untersuchung der gebräunten Gewebepartien ergab, daß in ihnen gewöhnlich, wenn auch nicht immer,

[1] Nach Olufsen (a. a. O. S. 271) vernarben unausgewachsene Knollen nach Verletzungen früher und ausgiebiger als vollentwickelte.

eine mehr oder minder weitgehende Auflösung der Stärkekörner eingetreten war. Die Plasmakörper zeigten, wenn die Zellen noch nicht geteilt waren oder überhaupt ungeteilt blieben, eine kräftige Ausbildung; von dem zentral gelagerten Zellkerne aus strahlten zahlreiche Plasmafäden und -balken gegen den Wandbelag zu. In den meisten Fällen waren auch Zellteilungen eingetreten, und zwar um so zahlreicher, je näher die betreffenden Speicherzellen den Leptombündelchen lagen (Fig. 1). Die neu aufgetretenen Zellwände waren meist parallel zur Schnittfläche orientiert und traten in beiden bzw. in allen drei Schichten des Plättchens auf (Fig. 3). Dasselbe wandelte sich sonach

Fig. 1.



Zellteilungen in der Nachbarschaft eines Leptombündels am 8. Tage nach Beginn des Versuches.

an den betreffenden Stellen in seiner ganzen Dicke in ein Folgemeristem um, das dann später wenigstens an den Oberflächen des Plättchens zu Wundkork wurde. Stellenweise bestanden die Plättchen nur aus einer einzigen intakten Zellage. Auch in dieser traten oft tangentiale Teilungen ein, wenn nur ein lebendes Leptombündel in der Nähe war (Fig. 2). Die sich teilenden Zellen zeigten nicht selten eine zur Teilungsebene senkrechte, doch nicht bedeutende Streckung. Häufiger aber ging der Teilung kein merkliches Wachstum voraus.

Alle späteren Kulturversuche lieferten im wesentlichen das gleiche Ergebnis: In dünnen Plättchen, die nur aus 1 bis 2 Zellagen bestanden, konnte Stärkeauflösung und Zellteilung ohne Gegenwart von längsverlaufenden Bündelfragmenten nicht stattfinden. Dagegen zeigten dickere Plättchen aus 3 bis 4 Zellagen bisweilen ein abweichendes Verhalten. Es kam zur Bräunung bzw. Verkorkung der vorgewölbten peripheren Zellwände, ohne daß in den betreffenden Plättchen Bündelfragmente vorhanden gewesen wären. In diesen Fällen blieben die Zellen auch nach ihrem Tode in festem gegenseitigen Verbande. Je größer diese bündellosen Gewebefragmente waren, desto häufiger trat

in ihnen auch eine teilweise Auflösung der Stärke ein. Sogar vereinzelte Zellteilungen waren manchmal zu beobachten. Die neugebildeten Zellwände zeigten gewöhnlich keine bestimmte Orientierung zur Wundfläche. Wenn solche, aus 3 bis 4 Zellagen bestehende Plättchen ihrer Dicke nach von Bündelfragmenten durchzogen wurden, so starben diese nicht immer bald ab. Dann traten in ihrer Nähe fast immer einzelne Zellteilungen auf, die sich bis in die vierte bis fünfte Zellschicht hinein erstreckten.

Im einzelnen waren die Bilder, die sich dem Beobachter bei der Untersuchung der Gewebestückchen darboten, sehr mannigfaltig. Im folgenden möge eine Kultur, die am 7. November 1911 auf dem Glasboden der Petri-Schale angelegt wurde, genauer beschrieben werden.

Die Gewebeplättchen waren 0.25—0.3 mm dick und bestanden sonach aus 1 bis 3 intakten Zellagen. Am 13. November erfolgte die Untersuchung in der oben beschriebenen Weise.

1. Quadratisches Plättchen (1×1 mm), bündelfrei. Stärkekörner intakt, Wände farblos, keine Zellteilungen; Zellen tot.

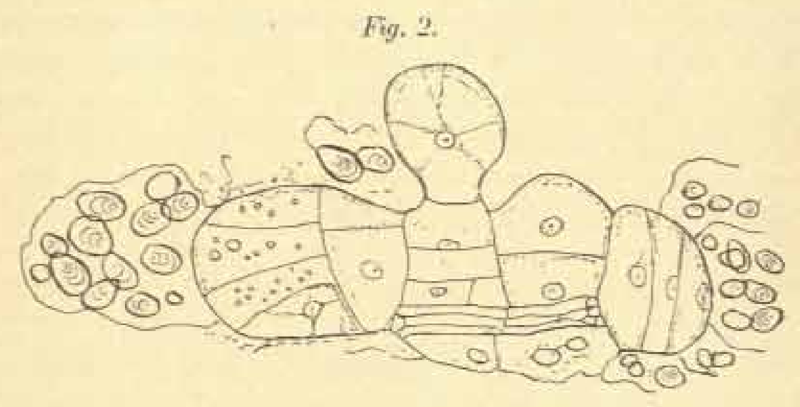
2. Quadratisches Plättchen (1×1 mm); in einer Ecke ein schrägverlaufendes, etwa 0.3 mm langes Leptombündelfragment. Das Speichergewebe ist in der Umgebung des Bündels bis zum Rande des Plättchens gebräunt, die Zellen hängen zusammen, die Stärkekörner sind stark korrodiert oder aufgelöst; fast jede Zelle hat sich 1 bis 2 mal tangential geteilt. Der Flächeninhalt desjenigen Teiles des Plättchens, der diese Beschaffenheit zeigte und in der Ecke ein Bündelfragment besaß, betrug ungefähr 0.3 qmm. Der übrige Teil des Plättchens bestand aus weißlichen, stärkeführenden abgestorbenen Zellen.

3. Rechteckiges Plättchen (0.5 × 1.5 mm); längs einer Schmalseite verläuft ein Leptombündel, das beiderseits bis an den Rand reicht. Die angrenzenden, etwa 0.1 und 0.3 mm breiten Gewebestreifen zeigen dasselbe Verhalten wie bei Plättchen 2. Die Teilungen waren namentlich in den an das Bündel angrenzenden Zellen sehr zahlreich; jede Zelle hatte sich 3—4 mal geteilt, das übrige Gewebe war stärkehaltig und abgestorben.

4. Rechteckiges Plättchen (1 × 1.5 mm); zwei Leptombündel durchziehen es fast der ganzen Länge nach, reichen aber nicht bis zu den Schmalseiten. Das Speichergewebe ist zwischen den Bündeln sowie beiderseits bis auf eine Entfernung von 0.2 und 0.3 mm von den Längsseiten gebräunt, stärkelos oder mit zahlreichen kleinen sekundären Stärkekörnern versehen. Zellteilungen häufig. Die weißen Randpartien des Plättchens enthalten normale große Stärkekörner. — Das eine Leptombündel war etwas länger als das andere und an seinem

Ende umgebogen. Der an dieser Stelle angefertigte Querschnitt war deshalb interessant, weil hier nur eine intakte Zellage vorhanden war, an die auf einer Seite das Bündel grenzte. Die Zellen hatten sich, wie die Abbildung (Fig. 2) lehrt, teils senkrecht, teils parallel zur Fläche geteilt. Auf der dem Bündel gegenüberliegenden Seite war eine große Kalluspapille entstanden, eine Erscheinung, die ich an so

Fig. 2.



Erklärung im Text.

kleinen Knollenstückchen unter den angegebenen Kulturbedingungen nur selten beobachtet habe[1].

5. Rechteckiges Plättchen (1 × 2.5 mm); zwei Bündelfragmente durchziehen es der Dicke nach, sind also nur etwa 0.25 mm lang. Alle Zellen tot, mit Ausnahme der den Bündelfragmenten benachbarten, in denen die Stärkekörner zum Teil aufgelöst sind. Keine Zellteilungen.

6. Quadratisches Plättchen (4 × 4 mm), von vier Bündelfragmenten der Dicke nach durchzogen; zwei davon sind zusammengesetzte Bündel und besitzen Tracheiden. Die Bündel sowohl wie die Speicherzellen des Plättchens sind abgestorben, letztere farblos, normal stärkehaltig. Keine Zellteilungen.

7. Rechteckiges Plättchen (1.5 × 2.5 mm). In der Mitte zwei kurze, etwa 0.8 mm lange, schräg verlaufende Bündelfragmente. In ihrer Umgebung ist das Gewebe gebräunt, die Stärke ist nur zum geringen Teile gelöst, die Zellkerne sind häufig zentral gelagert und an radialen Plasmafäden suspendiert. Keine Zellteilungen.

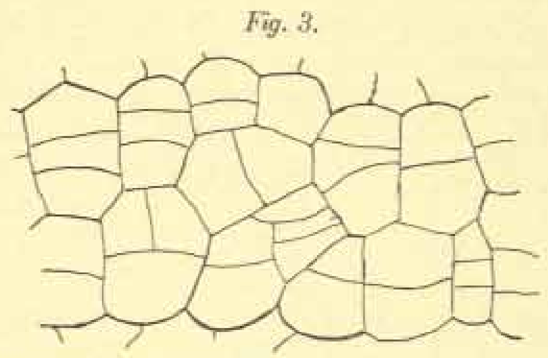
Im Anschluß daran mögen noch einige Einzelbeobachtungen, die sich auf andere Kulturen beziehen, mitgeteilt werden.

---

[1] Reichliche Kallusbildung hat Olufsen (a. a. O. S. 298) bei gewisser Versuchsanstellung erzielt.

In einer am 7. November 1911 angelegten Kultur waren die Plättchen etwas größer. Ihre Dicke betrug 0.3—0.4 mm. Die am 13. November vorgenommene Untersuchung ergab ähnliche Resultate wie bei der Kultur kleinerer Plättchen. So zeigte z. B. ein rechteckiges Plättchen (8 × 12 mm), das auf einer Längsseite 0.5—3 mm vom Rande entfernt von einem geschlängelten Leptombündel durchzogen wurde, zu beiden Seiten des Bündels bis auf eine Entfernung von 2 mm Braunfärbung der an die Wundfläche grenzenden Wände der Speicherzellen; die Stärkekörner waren zum Teil gelöst, zum Teil mehr oder minder korrodiert. Alle Zellen der gebräunten Partie waren meist tangential geteilt (Fig. 3). Die vom Bündel entfernter gelegenen Teile des Plättchens besaßen eine weiße Farbe, ihre ungeteilten Zellen waren tot und lösten sich leicht voneinander los; ihre Stärkekörner zeigten keine Korrosionen.

Fig. 3.



Zellteilungen in einem bündelführenden, zwei Zellagen dicken Plättchen.

In einer anderen, am 27. November 1911 angelegten Kultur (Kaiserkrone) waren die Gewebefragmente sehr klein. Die 0.25 mm dicken Mikrotomschnitte wurden mit dem Skalpell in möglichst kleine Partikelchen zerschnitten und diese mit einem Pinsel auf einen schwach befeuchteten Objektträger gebracht, den man auf den benetzten Boden der Petri-Schale legte. Bei der Untersuchung am 1. Dezember ergab sich, daß alle bündellosen und auch ein Teil der bündelführenden Gewebestückchen abgestorben waren. Teilungen konnten in ihnen nicht beobachtet werden. Die mit Bündelfragmenten versehenen Stückchen wiesen in der Nähe der Bündel häufig dieselben Veränderungen auf, wie sie oben beschrieben wurden: Bräunung der peripheren Zellwände, teilweise Stärkeauflösung, zentrale Kernlagerung und wenn auch nicht zahlreiche Zellteilungen. Das kleinste Fragment, das dieses Verhalten zeigte, war ungefähr rechteckig, 2 Zellagen dick, 3 Zellen breit, 8 Zellen lang und bestand sonach aus rund 50 intakten Speicherzellen;

an dem einen Ende des Plättchens befand sich ein kurzes, gebogenes Bündelfragment. In seiner Umgebung, die sich bräunte, traten mehrere Zellteilungen auf.

In einer am 19. Dezember 1911 angelegten Kultur (Kaiserkrone) betrug die Dicke der Plättchen etwa 0.5 mm, sie setzten sich demnach aus 4—5 intakten Zellagen zusammen. Das Auftreten von Zellteilungen war wieder an das Vorhandensein nicht zu kurzer Bündelfragmente gebunden. Dabei fiel aber auf, daß die Teilungen nur in den beiden obersten Zellagen auftraten, während auf der Unterseite, die dem schwach benetzten Glasboden der Schale auflag, die Teilungen ausblieben. Größere, 6—8 mm dicke Querscheiben zeigten dagegen auf beiden Seiten Wundkorkbildung.

Der Umstand, daß die Mitte des Markes der Knolle in größerer Ausdehnung bündelfrei ist, ermöglicht es, auch mit größeren, nur aus Speicherzellen bestehenden Gewebestückchen zu experimentieren. Die Versuche wurden mit Würfeln von 2 bis 3 mm Kantenlänge, ferner mit Plättchen von 1 mm Dicke und 2 bis 5 mm Seitenlänge ausgeführt. Des Vergleiches halber wurden in denselben Kulturen auch 0.3—0.5 mm dicke Plättchen gezüchtet. Das Ergebnis der im Februar durchgeführten Versuche bestand darin, daß bündellose Gewebestücke von der oben angegebenen Größe, die aus etwa 3 000—10 000 Zellen bestanden, in ihren peripheren Zellen tangentiale Teilungen aufwiesen. So zeigte z. B. in einem Würfel von 3 mm Seitenlänge fast jede unter den Schnittflächen gelegene Zelle nach 6 Tagen 1—2, selten 3 Teilungen; die Zellen hatten sich in radialer Richtung etwas gestreckt. Ihre vorgewölbten Außenwände waren gebräunt. Je kleiner die Würfel oder Plättchen waren, desto spärlicher traten auch die auf Wundkorkbildung abzielenden Zellteilungen auf. So ließen sich z. B. in einem bündellosen Plättchen (3 × 4 mm) von nur 0.3 mm Dicke nur noch vereinzelte Teilungen nachweisen. Die große Mehrzahl der Zellen war noch am Leben und besaß nach teilweiser Auflösung der Stärke wohlausgebildete Plasmakörper mit zentralem Zellkern. In noch kleineren und dünneren Plättchen habe ich aber niemals Zellteilungen beobachtet. Diese kleinen Gewebefragmente aus dem zentralen Teile des Markes verhielten sich demnach nicht anders wie die aus den bündelreichen Markpartien.

Ich gehe jetzt zu jenen Versuchen über, die mit Gewebestückchen — gewöhnlich wieder in Plättchenform — ausgeführt wurden, welche man aus der Rinde der Kartoffelknolle herausgeschnitten hatte. Es kamen dabei radiale und tangentiale Längsschnitte sowie auch Querschnitte, und zwar mit und ohne Periderm, zur Verwendung. Auch mit kleinen Würfeln wurde experimentiert.

Im allgemeinen zeigte sich auch bei diesen Versuchen, die im einzelnen zu beschreiben wohl überflüssig ist, dieselbe Abhängigkeit der Zellteilungen von den (rindenständigen) Leptombündeln wie bei den aus dem Marke stammenden Gewebestückchen. Zahlreichere Teilungen traten nur in bündelführenden Plättchen auf und ließen sich in der Nähe der Leptomfragmente auch dann noch beobachten, wenn das Plättchen nur aus einer einzigen intakten Zellage bestand. In dünnen Plättchen (1—2 Zellagen) ohne Bündelfragmente traten nicht nur keine Teilungen ein, auch die Bräunung der Wände und die Auflösung der Stärkekörner blieb aus; die Zellen gingen bald zugrunde. In etwas dickeren Plättchen dagegen, die 5—6 Zellagen dick waren, ließen sich nicht selten auch dann, wenn Bündelfragmente fehlten, wenigstens vereinzelte Zellteilungen beobachten. Es war dabei gleichgültig, ob das Periderm bzw. das Phellogen noch vorhanden oder weggeschnitten war. In einer am 8. Oktober 1912 angelegten Kultur war die Zahl der Gewebestückchen, die dieses Verhalten zeigten, sogar ziemlich zahlreich. Am 14. Oktober ließ sich z. B. an einem 2.5 mm langen, 1 mm breiten und 0.5 mm dicken Rindenstückchen ohne Bündel und ohne Periderm, das aus ungefähr 500 Zellen bestand, folgendes feststellen: Die peripheren Zellagen waren gebräunt, die Stärkeauflösung war nur geringfügig; in der zweiten und dritten Zellage unter den Wundflächen traten ziemlich häufig Zellteilungen auf; die meisten Zellen hatten sich 1—2mal tangential geteilt. Die an die Wundflächen angrenzenden intakten Zellen blieben ungeteilt. In einem noch kleineren Gewebestückchen (1 × 1 × 0.6 mm) ohne Bündelfragment und Periderm war die Stärke etwas mehr korrodiert. In der Mitte des fünf Zellagen dicken Plättchens, also in der dritten Lage, traten einige Zellteilungen auf; die betreffenden Zellen hatten sich immer nur einmal geteilt. Das kleinste bündellose Gewebefragment, das, der Rinde entstammend, noch vereinzelte Zellteilungen aufwies, bestand aus etwa 200 Zellen; es war also ungefähr viermal so groß als das kleinste bündelführende Stückchen des Markes, in dem noch einige Zellteilungen zu beobachten waren.

In den mit Periderm (Kork und Phellogen) versehenen Rindenstückchen traten, wenn es überhaupt zu Zellteilungen kam, nicht zahlreichere neue Wände auf als in den peridermlosen Stückchen. Dagegen zeichneten sich die ersteren fast immer dadurch aus, daß die Stärke der Speicherzellen ganz oder fast ganz gelöst wurde. Wohlentwickelte Plasmakörper mit zentralem Zellkern und zahlreichen radial ausstrahlenden und Netze bildenden Plasmafäden erfüllten dann das Innere der Zellen. Die farblosen Stärkebildner hatten sich in ziemlich lebhaft grüne Chlorophyllkörner umgewandelt. Das Periderm bzw. sein Bildungs-

gewebe, das Phellogen, begünstigt demnach in hohem Maße die Auflösung der Stärke in den darangrenzenden Schichten des Speichergewebes[1], es ist aber für den Eintritt der Zellteilungen belanglos. Daraus ergibt sich, daß nach Verletzungen die Auflösung der Stärke nicht etwa bloß als ein die Zellteilung vorbereitender Prozeß aufzufassen ist. Es ist ja richtig, daß der Zellteilung in der Regel eine wenigstens teilweise Auflösung der Stärke vorausgeht. Es kann aber, wie die Beobachtungen an Rindenstückchen lehren, die Stärke vollständig aufgelöst werden, ohne daß nachher in irgendeiner Zellage Teilungen eintreten, und anderseits kann es schon bei geringfügiger Stärkeauflösung zu mehr oder minder reichlichen Zellteilungen kommen.

Die Kulturversuche mit Gewebestückchen der reifen Kartoffelknolle, über die im vorstehenden kurz berichtet wurde, haben mithin zur Feststellung folgender Tatsachen geführt:

1. Innerhalb des normalen Gefäßbündelringes, im Mark der Knolle, treten Zellteilungen in kleinen, dünnen Gewebeplättchen fast ausnahmslos nur dann auf, wenn sie ein Leitbündelfragment enthalten; dasselbe braucht keine Wasserleitungsröhren zu besitzen; es genügt, wenn es aus Leptom, d. h. aus Siebröhren mit ihren Geleitzellen besteht. Das Bündelfragment darf nicht zu kurz sein und darf auch nicht alsbald absterben, da sonst die Zellteilungen ausbleiben.

2. In relativ größeren Gewebestücken aus dem bündellosen zentralen Teil des Markes ist das Auftreten von Zellteilungen in den peripheren Zellschichten nicht an das Vorhandensein von Leitbündeln gebunden.

3. Außerhalb des Gefäßbündelringes, in der Knollenrinde, ist die Anwesenheit von Bündelfragmenten in kleinen Gewebestückchen für den Eintritt von Zellteilungen nicht in dem Maße notwendig, wie im Mark. Doch kommt auch hier der begünstigende Einfluß des Leptoms sehr deutlich zur Geltung.

4. Bündelhaltige Gewebestückchen aus dem Mark der Knolle zeigen noch einige Zellteilungen, wenn sie nur aus etwa 50 Speicherzellen bestehen. Bündellose Stückchen aus der Rinde müssen wenigstens gegen 200 Zellen aufweisen, um noch einige Zellteilungen eingehen zu können.

---

[1] In welcher Weise das Periderm die Auflösung der Stärke fördert, muß dahingestellt bleiben. Man könnte zunächst meinen, daß die noch lebenden Zellen des Periderms (Wiesners Saftperiderm) und das Phellogen infolge eines Wundreizes reichlich Diastase produzieren und ausscheiden. Das scheint allerdings nicht der Fall zu sein, denn auf die feuchte Schnittfläche dünner, nur aus Periderm bestehender Schalenstücke aufgetragene Weizenstärkekörner waren nach 24 Stunden noch nicht korrodiert. Es ist also wahrscheinlicher, daß die stärkehaltigen Speicherzellen die Diastase selbst erzeugen, daß aber die Diastaseproduktion nach einer mechanischen Verletzung unter dem Einfluß der lebenden Zellen des angrenzenden Periderms gesteigert wird.

Natürlich ist nicht ausgeschlossen, daß unter günstigeren Kulturbedingungen noch kleine Gewebestückchen Zellteilungen erfahren.

5. Je kleiner die Gewebestückchen sind, desto später treten in ihnen Zellteilungen auf und desto spärlicher sind sie.

6. Das Periderm (samt Phellogen) kann die Gefäß- bzw. Leptombündel in ihrer Bedeutung für den Eintritt von Zellteilungen im Speichergewebe nicht ersetzen. Es übt auch keinen begünstigenden Einfluß auf sie aus, obwohl seine Anwesenheit in kleinen Gewebestückchen die Auflösung der Stärke in hohem Maße fördert.

7. Periderm- und bündellose, sehr kleine Gewebestückchen gehen meist nach wenigen Tagen zugrunde, ohne die mit Verkorkung verbundene Bräunung der peripheren Zellwände zu zeigen und ohne vorher ihre Stärke aufzulösen. Nur ausnahmsweise kommt es wenigstens zur Verkorkung der Außenwände[1].

Im Anschluß an die Besprechung des Verhaltens von Gewebefragmenten, die der reifen Kartoffelknolle entstammen, soll hier noch ein Versuch beschrieben werden, der mit Gewebestückchen aus einem grünen, knolligen Seitensproß einer Kartoffel angestellt wurde. Der Sproß war ungefähr 2.5 cm lang, in der Mitte 1 cm dick und hatte sich bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (16—18°) im Lichte entwickelt. Rinde und Mark enthielten reichlich kleine körnige Stärke. Im Marke traten unterhalb der Hadromteile des Gefäßbündelringes und zwischen diesen kleine Leptombündelchen auf. Sonst war das Mark vollkommen bündellos.

Es wurden zwei Kulturen angelegt. In der einen Kultur (auf feuchtem Objektträger) wurde das Verhalten von Würfelchen geprüft, die man aus der basalen Hälfte des Sprosses herausgeschnitten hatte.

---

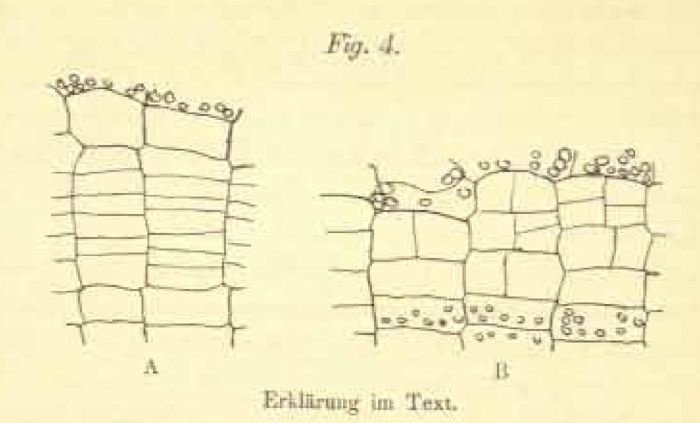
[1] In einer vor kurzem erschienenen Arbeit von B. Kabus (Neue Untersuchungen über Regenerationsvorgänge bei Pflanzen, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 11. Bd. 1912, S. 24) werden Versuche mitgeteilt, wonach eine Wiederverwachsung entzweigeschnittener Zylinder aus Kartoffelknollen durch Papillenbildung nur dann erfolgen soll, »wenn eine der Schnittflächen ein Gefäßbündel getroffen hat«. Die Darstellung Kabus' ist leider unklar und enthält anatomische Widersprüche. Da die mit dem Korkbohrer herausgestoßenen Gewebszylinder 1.5 cm dick waren, so mußten, wenn sie entzweigeschnitten wurden, immer mehrere von den das Mark durchziehenden Gefäßbündeln bzw. Leptomsträngen getroffen werden. Nach einer späteren Bemerkung (S. 29) dürfte die Angabe Kabus' so zu verstehen sein, daß wenigstens eine der beiden Schnittflächen mit einem parallel zu ihr verlaufenden Gefäßbündelstück versehen sein muß, damit Verwachsung eintrete. »Diese Gefäßbündel sind die Stellen, von denen aus die Verwachsung der Schnittflächen beginnt.« Daraus wird geschlossen, »daß das Vorhandensein der Gefäße an der Wundfläche die Regenerationsvorgänge beeinflußt«. Daß die toten, wasserleitenden Gefäße eine derartige Rolle spielen, ist aber schon von vornherein höchst unwahrscheinlich. An die Möglichkeit, daß es sich um einen Einfluß seitens der Siebröhren mit ihren Geleitzellen handeln könnte, hat Kabus offenbar nicht gedacht.

Die Kantenlänge der Würfel betrug 2 mm. Es wurden »Rindenwürfel« mit Epidermis, Rinde, Gefäßbündeln und 4—5 Markzellagen sowie auch »Markwürfel«, die nur aus Markgewebe bestanden, gezüchtet. Die Aussaat erfolgte am 27. Januar 1913. Am 1. Februar wurde die mikroskopische Untersuchung vorgenommen. Die Rindenwürfel wiesen auf beiden Querschnittsflächen in ihrer ganzen Ausdehnung reichliche Zellteilungen auf. Aus den Gefäßbündeln ragten Kalluspapillen hervor, deren basale Teile mehrfach geteilt waren. Alle an die Wundflächen grenzenden Markzellen, auch die auf der tangentialen Längsschnittsseite, hatten sich wenigstens einmal, viele auch zweimal, geteilt. — Die peripheren intakten Zellen der Markwürfel, die derselben Querscheibe entnommen waren wie die Rindenwürfel, besaßen gebräunte Außenwände, ihre Stärkekörner waren zum großen Teile aufgelöst, die Zellkerne, von Chlorophyllkörnern umgeben, nahmen eine zentrale Lage ein, radiale Plasmastränge waren in großer Zahl vorhanden, doch nirgends war eine Zellteilung zu beobachten, weder in den peripheren noch in den darunter gelegenen Zellagen. Dieselbe Beschaffenheit zeigten diese Gewebestückchen auch noch nach drei Wochen.

Die Würfelchen der zweiten Kultur wurden aus einer Querscheibe herausgeschnitten, die aus der Nähe des Sproßscheitels stammte. Die verschiedenen Gewebearten waren schon vollkommen differenziert, allein die Streckung der stärkereichen Rinden- und Markzellen war noch nicht erfolgt. Letztere stellten Tafeln von 0.036 mm Höhe und 0.07—0.125 mm Breite dar. Die Aussaat fand gleichfalls am 27. Januar, die Untersuchung am 3. Februar statt. — Die Rindenwürfel zeigten auf den Querschnittsflächen folgendes Verhalten: Die intakten Epidermiszellen und die angrenzenden Rindenzellen hatten sich einmal geteilt. Gegen die Gefäßbündel zu wurden die Teilungen zahlreicher; in der Nähe der Leptomteile war jede Rindenparenchymzelle in 4—5 Zellen zerlegt. Aus den Gefäßbündeln wucherten wieder Kalluspapillen mit mehrfach geteilten Basalteilen hervor. Das Markgewebe war durch 5—6 Zellagen vertreten. Die unmittelbar an die Wundfläche grenzenden Markzellen waren ungeteilt. Dagegen hatten sich die Zellen der darunter befindlichen Lage stark gestreckt und 5—6 mal tangential geteilt, so daß ein sehr typisch aussehendes Wundperiderm zur Entwicklung gelangte (Fig. 4A). Auf der Längsschnittsfläche hatten sich die Markzellen senkrecht zur Schnittfläche gestreckt und 2—3 mal tangential geteilt. — In den bündellosen Markwürfeln waren auf der Querschnittsfläche die 2—3 äußersten Zellagen etwas höher geworden: ihre Stärke war aufgelöst. In der Mehrzahl der Zellen hatten sich s e n k r e c h t zur Schnittfläche orientierte

Wände eingestellt, und zwar je eine Wand in jeder Zelle. Häufig wurde dann eine, zuweilen auch beide Tochterzellen durch eine zur Schnittfläche parallele Wand gleichfalls geteilt (Fig. 4 B). Das Folge-

Fig. 4.



Erklärung im Text.

meristem, das derart zustande kam, besaß sonach ein ganz anderes Aussehen als jenes, das sich unter der Querschnittsfläche der Rindenwürfel entwickelte. Auf der Längsschnittsfläche hatten sich die Zellen etwas gestreckt und nur einmal geteilt.

Das Ergebnis dieser beiden Kulturversuche war also in Kürze folgendes: Die der basalen Hälfte des Sprosses entnommenen Rindenwürfel mit rinden- und markständigen Leptombündeln wiesen auf allen Schnittflächen reichliche Zellteilungen auf. Auch ihre Markzellen waren geteilt. Die bündellosen Markwürfel dagegen ließen keine Zellteilungen erkennen. Die aus der Nähe des Stammscheitels herausgeschnittenen Würfel aus noch unausgewachsenem Markgewebe wiesen auch dann Zellteilungen auf, wenn sie keine Leptombündel enthielten. Doch war die Anzahl der Teilungen eine weitaus geringere als in den Markzellen der Rindenwürfel. Der begünstigende Einfluß der Leitbündel auf den Eintritt der Zellteilungen macht sich demnach schon frühzeitig geltend.

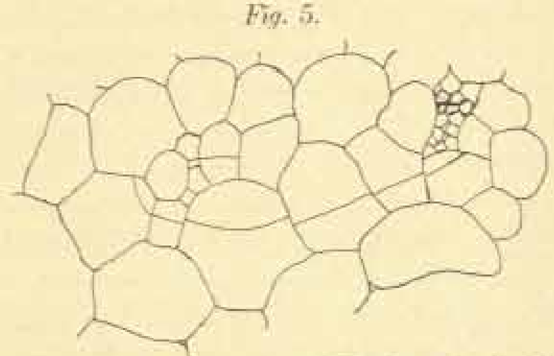
IV.

Es ist nunmehr die Frage aufzuwerfen, von welcher Art der Einfluß ist, durch den die Gefäßbündel der Kartoffelknolle die Speicherzellen kleiner Gewebestückchen zur Teilung befähigen oder veranlassen? Bei der Beantwortung dieser Frage soll auch das Verhalten größerer bündelloser Gewebestücke erörtert werden.

Daß eine Beeinflussung im Sinne der oben geschilderten Frage stattfindet, ist nicht zu bezweifeln. Die Annahme, daß die in der

Nähe der Leitbündel gelegenen Zellen sich physiologisch anders verhalten, eine größere Neigung zu Teilungen zeigen als die entfernter gelegenen Zellen, ist mit Rücksicht auf das Verhalten größerer bündelloser Gewebestücke aus der Mitte der Knolle schon von vornherein sehr unwahrscheinlich. Allein auch die mit kleinen Gewebeplättchen angestellten Kulturversuche führen zu dem Ergebnis, daß nicht die Lage der Zellen als solche für den Eintritt der Teilung bestimmend sein kann. In den bündellosen Plättchen haben sich häufig die Randzellen einer Seite in der Nähe eines Leitbündels befunden, und doch sind in ihnen keine Teilungen eingetreten. Um ganz sicher zu gehen, wurde am 18. Januar 1913 folgender Versuch angestellt. Aus einer größeren Gewebeplatte, die 3—4 Zellagen dick war, wurden unter dem Präpariermikroskop kleine rechteckige Plättchen von 2—4 mm Seiten-

Fig. 5.



Teil eines Querschnittes durch ein dünnes Plättchen. In den Speicherzellen zwischen den beiden Leptombündeln sind Zellteilungen aufgetreten.

länge derart herausgeschnitten, daß auf einer Langseite der Schnitt knapp unter einem längsverlaufenden Gefäßbündel geführt wurde. Auf dieser Seite waren also die Speicherzellen unmittelbare Nachbarzellen eines Bündels. Trotzdem waren nach 8 Tagen in ihnen ebensowenig wie in den übrigen Zellen der Plättchen Teilungen zu beobachten. Die Außenwände der intakten Zellen waren gebräunt, eine Stärkeauflösung hatte nicht oder nicht in nennenswerter Menge stattgefunden. Die große Mehrzahl der Zellen war tot.

Daß es nicht die Lage der Speicherzellen als solche ist, die für die Zellteilung in Betracht kommt, geht übrigens auch aus der schon früher erwähnten Beobachtung hervor, daß, wenn kleine dünne Gewebeplättchen ihrer Dicke nach von einem ganz kurzen Bündelfragmente durchzogen werden, das bald abstirbt, die in seiner Nähe befindlichen Speicherzellen ungeteilt bleiben.

Schließlich sei noch folgende Beobachtung erwähnt, die für eine Beeinflussung der sich teilenden Zellen seitens der Gefäßbündel spricht.

Wenn ein nicht zu dünnes Gewebeplättchen von zwei Bündeln der Länge nach durchzogen wird, so sieht man nach mehrtägiger Kultur auf Querschnitten nicht selten, daß auch in einer zwischen den Leptomteilen der Bündel gelegenen Zellreihe Teilungen eingetreten sind. (Fig. 5.) Mehr als eine Teilung in jeder Zelle habe ich nicht beobachtet. Dieser an die Entstehung des Interfaszikularkambiums erinnernde Vorgang kann kaum anders gedeutet werden, als durch die Annahme, daß die Anregung zur Zellteilung von den Leptombündeln ausgeht.

Wenn es demnach auf Grund des vorstehend Mitgeteilten als sicher zu betrachten ist, daß in kleinen Gewebsfragmenten der Kartoffelknolle Zellteilungen nur dann erfolgen können, wenn außer dem »Wundreiz« noch ein von den Leitbündeln ausgehender Reiz auf die betreffenden Zellen einwirkt, so fragt es sich jetzt, was für eine Art von Reizung hier vorliegt. Daß der Reiz nicht von den wasserleitenden Tracheen und Tracheiden ausgehen kann, geht schon aus der Tatsache hervor, daß die nur aus Leptom bestehenden Leitbündel die Zellteilungen ebenso anzuregen vermögen wie vollständige Gefäßbündel. Die toten Wasserleitungsröhren könnten selbstverständlich nur durch die in ihrem wässerigen Inhalte gelösten Stoffe wirken. Es liegt kein Grund vor, hierbei an andere Substanzen zu denken als an die Nährsalze. Daß diese unwirksam sind, darf mit Bestimmtheit daraus gefolgert werden, daß in bündelführenden Gewebeplättchen, die auf mit Knopscher Nährlösung getränktem Fließpapier lagen, nicht zahlreichere Zellteilungen auftraten als in solchen, die von Leitungswasser benetzt wurden. In bündelfreien Plättchen vermochte die Nährlösung überhaupt keine Zellteilungen auszulösen.

Der Reiz, der die Speicherzellen des Markes der Kartoffelknolle dazu befähigt, sich auf einen Wundreiz hin zu teilen, geht also nur vom Leptom, den Siebröhren mit ihren Geleitzellen und den angrenzenden Leptomparenchymzellen aus.

Die Annahme, daß der Einfluß des Leptoms nicht auf einer Reizwirkung, sondern darauf beruhe, daß die Siebröhren Eiweißsubstanzen an die sich teilenden Zellen abgeben, daß es sich also um einen Ernährungseinfluß handle, ist von der Hand zu weisen. Denn die Menge der in den engen Siebröhren enthaltenen Eiweißstoffe ist gegenüber der Menge der in den großen Speicherzellen abgelagerten stickstoffhaltigen Reservestoffe eine außerordentlich geringe. Auch liegt gar kein Anhaltspunkt für die Annahme vor, daß bestimmte Organe der Protoplasten, etwa die Zellkerne oder Plasmapartien, die den Zentrosomen der tierischen Zelle entsprächen, vom Leptom aus mit spezifischen Nährstoffen versorgt werden, die den Ernährungszustand jener Organe so heben, daß es zur Zellteilung kommt.

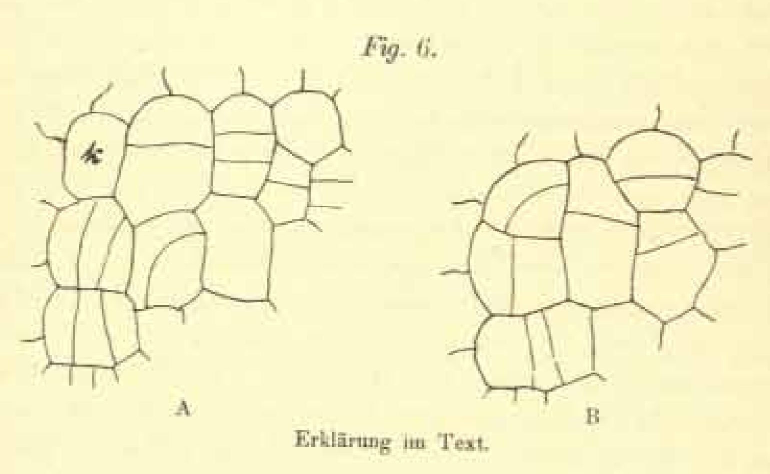
In bezug auf die Art des vom Leptom ausgehenden Reizes sind von vornherein mehrere Möglichkeiten gegeben.

Zunächst könnte man annehmen, daß in kleinen, dünnen Gewebeplättchen durch Summierung des von zwei Seiten her auf die Zellen einwirkenden Wundreizes eine Überreizung der Protoplasten, eine Lähmung eintritt, die den Eintritt von Zellteilungen in bündellosen Plättchen unmöglich macht. Wenn das Plättchen bloß aus einer intakten Zellage besteht, werden die einzelnen Zellen auf zwei Seiten vom Wundreiz direkt betroffen. Wenn sich das Plättchen aus mehreren Lagen zusammensetzt, werden die oberflächlich gelegenen Zellen auf der Außenseite direkt gereizt, auf der Innenseite kann ihnen der Wundreiz von den peripheren Zellen der gegenüberliegenden Schnittfläche zugeleitet werden. Jedenfalls ist eine verstärkte Reizung der Zellen nicht ohne weiteres in Abrede zu stellen. Die dadurch bedingte Lähmung der Protoplasten würde in den bündelhaltigen Plättchen durch einen vom Leptom ausgehenden dynamischen oder stofflichen Reiz aufgehoben werden, oder es käme durch rasche Erhöhung der Reizschwelle für den Wundreiz überhaupt zu keiner Überreizung, zu keiner Lähmung der Protoplasten. Die Zellteilungen können sich demnach einstellen. In größeren Gewebestücken, deren Wundflächen im Verhältnis zum Volumen bedeutend kleiner sind als bei dünnen Plättchen, findet eine Überreizung der peripheren Zellagen überhaupt nicht statt; der eben erwähnte Einfluß der Leitbündel ist überflüssig, es treten also auch in bündellosen Gewebestücken Zellteilungen auf. Bei dieser Annahme wäre demnach der Einfluß der Leitbündel auf die Zellteilungen nur ein indirekter, es würde sich nur um die Beseitigung einer Hemmung handeln.

Es läßt sich nun leicht zeigen, daß diese Annahme schon von vornherein recht unwahrscheinlich ist. Wenn die peripheren Zellen dünner, bündelloser Gewebeplättchen den starken Wundschock ohne Schaden überdauern und dann so häufig nach Auflösung der Stärke kräftige Protoplasten entwickeln, so ist nicht einzusehen, warum sie gerade in bezug auf die Zellteilung dauernd gelähmt bleiben sollten. Das Verhalten der Zellen, die an den Kanten größerer würfelförmiger Gewebestücke aus der bündellosen Mittelpartie der Knolle gelegen sind, beweist übrigens direkt, daß von einer dauernden Teilungsunfähigkeit infolge von Überreizung nicht die Rede sein kann. Diese unmittelbar an den Kanten oder knapp neben diesen gelegenen Zellen befinden sich in bezug auf den Wundreiz in einer ähnlichen Situation wie die peripheren Zellen dünner Plättchen. In Fig. 6A hat sich die Kantenzelle *k* allerdings nicht geteilt. Von ihren beiden Nachbarzellen aber, die von einer Schnittfläche aus direkt, von der anderen aus indirekt

gereizt worden sind, hat sich die eine zweimal, die andere einmal geteilt. In Fig. 6 B hat auch die Kantenzelle eine tangentiale Teilung erfahren. Solche Bilder lassen sich auf jedem Schnitte durch größere bündellose Markwürfel beobachten. Einen verspäteten Eintritt dieser Zellteilungen konnte ich nicht feststellen. — Die Annahme, daß das Ausbleiben der Zellteilungen in bündellosen, dünnen Plättchen auf einer Überreizung, auf dauernder Wundschockwirkung beruhe, und daß in bündelhaltigen Plättchen der Einfluß des Leptoms auf eine Beseitigung

Fig. 6.



Erklärung im Text.

dieser Hemmung abziele, hat sich demnach als nicht zutreffend erwiesen.

Wir haben mithin eine direkte Reizwirkung des Leptoms auf die sich teilenden Speicherzellen anzunehmen. In dieser Hinsicht sind von vornherein zwei Möglichkeiten gegeben: es kann sich um »dynamische« oder um »stoffliche« Reizung handeln. Im ersteren Falle würde eine Übertragung bestimmter Bewegungszustände durch Reizleitung stattfinden[1]. Im zweiten Falle würde das Leptom einen oder auch mehrere Reizstoffe ausscheiden, die in das benachbarte Speichergewebe hinein diffundieren. Die Zellteilungen im Mark der reifen Kartoffelknolle wären sonach eine vom Leptom abhängige Chemomorphose[2].

---

[1] So hat sich bekanntlich Nägeli die Beeinflussung des Cytoplasmas seitens der Anlagen des Idioplasmas vorgestellt (Mechanische Theorie der Abstammungslehre, S. 532).

[2] Auch daran könnte gedacht werden, daß der hypothetische Reizstoff aus den eigentlichen Leptomelementen, den Siebröhren und Geleitzellen nur bis in die angrenzenden Leitparenchymzellen diffundiert, die Protoplasten derselben reizt, und daß dann von diesen aus eine Reizleitung in das benachbarte Speichergewebe hinein stattfindet. Es würde sich hierbei also um eine Kombination der beiden im Text erwähnten Möglichkeiten handeln.

Diese Annahme hat schon von vornherein manches für sich. Bevor wir zu ihrer experimentellen Prüfung übergehen, möge sie noch mit Rücksicht auf das Verhalten größerer bündelloser Gewebestücke etwas bestimmter formuliert werden.

Die Gefäßbündel bzw. ihre Leptomteile bilden und scheiden nach dieser Auffassung einen Reizstoff aus, der, wenn noch ein Wundreiz hinzutritt, die Speicherzellen zur Teilung veranlaßt. In der reifen, unverletzten Kartoffelknolle geht während des Ruhestadiums die Bildung und Ausscheidung dieses hypothetischen Reizstoffes nur langsam vor sich. Die Speicherzellen enthalten ihn nur in geringen Mengen. In einem kleinen, dünnen Gewebeplättchen ohne Leptombündel reicht nun die Menge des vorhandenen Reizstoffes nicht aus, um im Verein mit dem Wundreiz die Zellen zur Teilung zu zwingen. In bündelhaltigen Plättchen findet aber infolge der Verwundung eine vermehrte Bildung und Ausscheidung des Reizstoffes statt, so daß es schließlich, wenigstens in den benachbarten Speicherzellen, zu Teilungen kommt. In größeren bündellosen Gewebestücken ist von vornherein eine größere Menge des Reizstoffes aufgespeichert. Die an die Wundflächen grenzenden Speicherzellen eignen sich den im ganzen Gewebestücke verteilten Reizstoff an, dessen Menge nun in den durch die Verwundung gereizten Zellen ausreicht, um den Teilungsvorgang auszulösen.

Ob der Einfluß der Leptombündel auf die Speicherzellen, die dadurch zur Teilung angeregt oder befähigt werden, ein dynamischer oder ein stofflicher ist, kann nur das Experiment entscheiden. Die Versuche, durch die nun festgestellt werden sollte, ob das Leptom einen Reizstoff ausscheidet, der in Kombination mit dem Wundreiz Zellteilungen bewirkt, wurden auf verschiedene Weise ausgeführt.

Zunächst wurde mit Preßsäften experimentiert, obgleich diese Methode von vornherein wenig aussichtsvoll erschien. Denn das Volumen der Leptombündel ist gegenüber dem Volumen des saftreichen Speichergewebes so klein, daß im Preßsafte der Kartoffelknolle der fragliche Reizstoff nur in sehr geringer Menge enthalten sein kann. Bündellose Gewebeplättchen von 0.3 und 0.5 mm Dicke und 2—5 mm Seitenlänge wurden 6 und 24 Stunden lang in abgekochten und unabkochten Preßsäften liegengelassen und dann nach Abspülung mit durch Kochen sterilisiertem Wasser in üblicher Weise auf Objektträgern kultiviert. Das Ergebnis war durchweg ein negatives. Die Plättchen gingen nach einigen Tagen zugrunde; die Stärkekörner waren nicht aufgelöst, Zellteilungen nicht eingetreten.

In einer anderen Versuchsreihe wurden die bündellosen Gewebeplättchen von obengenannter Größe auf ebenso große oder größere

Plättchen gelegt, die tangential aus dem Gefäßbündelring herausgeschnitten waren und demnach mehrere längsverlaufende Gefäßbündel enthielten. Um den Übertritt des hypothetischen Reizstoffes aus dem bündelhaltigen in das bündellose Plättchen zu ermöglichen, wurden die beiden Plättchen mittels einer dünnen, zweiprozentigen Agarschicht aneinandergeklebt. Die Plättchenpaare wurden so auf dem Objektträger ausgelegt, daß bald das bündellose, bald das bündelhaltige Plättchen unten lag. Daneben wurden auch bündellose Kontrollplättchen auf dünner Agarschicht gezüchtet. Die Versuche wurden am 6. Februar 1913 begonnen; nach einer Woche erfolgte die mikroskopische Untersuchung. Als Ergebnis stellte sich heraus, daß in mehreren, wenn auch nicht allen bündellosen Plättchen auf der der bündelführenden zugekehrten Seite einige Zellteilungen eingetreten waren. Selbst ganz dünne Plättchen, die nur aus einer einzigen Zellage bestanden, wiesen ver-

Fig. 7.

Erklärung im Text.

einzelte Zellteilungen auf. Die Wände waren meist parallel, zuweilen auch senkrecht zur Wundfläche orientiert. In den 2—4 Zellagen dicken Plättchen kamen auch anormale Zellteilungen vor: Die eine Tochterzelle war bedeutend kleiner als die andere, und von dieser durch eine bogige Scheidewand getrennt. Auffallend war auch das häufige Vorkommen von mehr minder fragmentierten, gelappten Zellkernen in ungeteilt gebliebenen Speicherzellen. In den Kontrollplättchen waren Teilungen nicht zu beobachten. In den bündelführenden Plättchen dagegen waren zahlreiche Zellen parallel zur Wundfläche geteilt.

Bei einigen anderen Versuchen wurden 0.5 mm dicke rechteckige Plättchen (2×3 mm) ohne Bündel mit zweiprozentigem Agar auf die frische Schnittfläche einer halbierten Kartoffel geklebt, und zwar so, daß die Plättchen auf den Bündelquerschnitten des Gefäßbündelringes lagen. Die halbierten Kartoffeln wurden dann mit der Schnittfläche nach unten fixiert; zwischen dem feuchten Filterpapier am Boden der Glasschale und der Schnittfläche befand sich eine mehrere Zentimeter hohe Luftschicht. Die Schale war natürlich mit einer Glasglocke zugedeckt. Nach einer Woche erfolgte die mikroskopische Untersuchung.

Die an die Agarschicht grenzenden Wände der intakten Zellen der Plättchen waren schwach gebräunt, vorgewölbt, die Stärke war in allen Zellagen zum größten Teile aufgelöst. Auf den den Gefäßbündelquerschnitten zugekehrten Seiten der Plättchen waren in einzelnen peripheren Zellen tangentiale, zuweilen auch radiale Teilungen eingetreten. Mehr als einmal hatte sich keine Zelle geteilt. Die Teilungen waren allerdings nicht häufig; immerhin konnten sie auf Querschnitten in 2—4 nebeneinanderliegenden Zellen beobachtet werden (Fig. 7).

Aus den mitgeteilten Versuchen, die ich fortzuführen und in verschiedener Weise zu variieren gedenke, darf mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit gefolgert werden, daß aus den Leptombündeln durch die Agarschicht ein Reizstoff in die bündellosen Plättchen hinüberdiffundiert ist und hier in Kombination mit dem Wundreiz[1] eine wenn auch nur kleine Anzahl von Zellen zur Teilung veranlaßt hat.

Ein günstigeres Resultat, die Teilung einer größeren Anzahl von Zellen, so wie in den bündelhaltigen Gewebeplättchen, war bei dieser Art der Versuchsanstellung überhaupt nicht zu erwarten. Doch ist nicht ausgeschlossen, daß eine noch zweckmäßigere Versuchsmethode den gewünschten Erfolg haben wird.

Es wäre verfrüht, schon jetzt Vermutungen über die chemische Beschaffenheit des fraglichen Reizstoffes auszusprechen. Es bleibt vorläufig dahingestellt, ob es sich um ein Enzym — ein Wuchsenzym im Sinne Beyerincks — oder um einen anders gearteten Reizstoff handelt, der den sogenannten Hormonen[2] des tierischen Organismus an die Seite zu stellen wäre.

Der Gedanke, daß gewisse Entwicklungsvorgänge von besonderen Reizstoffen angeregt werden, ist in der Pflanzenphysiologie bekanntlich zuerst von Julius Sachs in seinen Abhandlungen über »Stoff und Form der Pflanzenorgane« ausgesprochen worden. Er kehrt dann später

---

[1] Ich habe bereits in meiner obenerwähnten Arbeit (S. 75) daran erinnert, daß die Bezeichnung »Wundreiz« ein Sammelname für sehr verschiedene Einzelvorgänge ist, von denen jeder für sich als Reiz wirken kann. Wenn beim Wundreiz auch ein Reizstoff wirksam sein sollte (vgl. Küster, Physiol. Pflanzenpathologie 1903, S. 188), so würde es sich bei den zur Wundkorkbildung führenden Teilungen im Speichergewebe der Kartoffelknolle um die kombinierte Wirkung zweier verschiedener Reizstoffe handeln: eines Reizstoffes, der im Bereich der Wunde entsteht, und eines Reizstoffes, der vom Leptom gebildet wird. Über die Art des Zusammenwirkens dieser beiden Reizstoffe oder, allgemeiner gesagt, des Wundreizes und des vom Leptom ausgehenden Reizes, läßt sich vorderhand gar nichts sagen.

[2] W. M. Bayliss und E. H. Starling, Die chemische Koordination der Funktionen des Körpers, Ergebnisse der Physiologie, V. Jahrg. 1906 S. 664ff.

in den Arbeiten verschiedener anderer Forscher — Errera, Massart, Beyerinck, H. Winkler, Strasburger, Goebel, Jost u. a. — wieder und ist in den letzten Jahren besonders von Fitting[1], gelegentlich seiner entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen an Orchideenblüten, eingehend erörtet worden. Von Fitting rührt ferner der Vorschlag her, den von Starling geprägten Ausdruck »Hormone« auch in der Pflanzenphysiologie zu verwenden.

Wie der vom Leptom ausgeschiedene Reizstoff auf die Protoplasten wirkt, ist natürlich völlig ungewiß. Im Anschluß an Vermutungen, die von Boveri[2] und Hans Winkler[3] ausgesprochen worden sind, könnte man vielleicht annehmen, daß der Reizstoff die den Zentrosomen der tierischen Zellen entsprechenden Plasmapartien beeinflußt und ihre Tätigkeit auslöst. Da unsere Kenntnisse über die Mechanik des Zellteilungsprozesses noch so überaus mangelhaft sind, hätte es keinen Wert, diese und andere Möglichkeiten ausführlicher zu besprechen.

V.

Wenn die Leptombündel der Kartoffelknolle nach mechanischen Verletzungen einen die Zellen zur Teilung anregenden Reizstoff bilden und ausscheiden, so fragt es sich nun, welche Elemente des Leptoms die Organe dieser »inneren Sekretion« sind. Die Siebröhren mit ihren zarten plasmatischen Wandbelegen, ihrem Eiweißschleim und Eiweißlösungen und ihren Siebplatten sind wohl vor allem stoffleitende Organe. Ihre plasmareichen Geleitzellen da-

---

[1] H. Fitting, Die Beeinflußung der Orchideenblüten durch die Bestäubung und durch andere Umstände, Zeitschrift f. Bot. I. 1909. Weitere entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Orchideenblüten, ebenda, II. 1910. Entwicklungsphysiologische Probleme der Fruchtbildung, Biol. Zentralblatt, XXIX. 1909. — Fitting hat in den ungekeimten Pollinien verschiedener Orchideen einen Reizstoff nachgewiesen, der auf die Narbe gebracht, gewisse Postflorationsvorgänge auslöst, so die Verkürzung der autonomen Lebensdauer des Perianths, seine Schließbewegungen sowie die Verschwellung des Gynostemiums, die aber nur auf Hypertrophie, also auf Volumzunahme der Einzelzellen (II. S. 233) beruht. Es handelt sich also um kein Zellteilungshormon. Allerdings ist der von Fitting in den Pollinien entdeckte Reizstoff insofern nutzlos und entbehrlich (II. S. 253. 258), als die Pollenschläuche solcher Pollinien, die von dem Reizstoff durch Auslaugen befreit worden sind, ganz die gleichen Veränderungen an den Blüten hervorrufen, wie jener Reizstoff selbst. Da Fittings Beobachtungen gegen die Annahme sprechen, daß die Pollenschläuche durch Neuproduktion des in den Pollinien enthaltenen Reizstoffes ihre Wirksamkeit erlangen (II. S. 258), so wird auch bei den Orchideen der Schwerpunkt der Untersuchung wieder auf die Beantwortung der alten Frage verlegt, von welcher Art der Einfluß der Pollenschläuche auf die verschiedenen Blütenorgane ist.

[2] Th. Boveri, Zellenstudien IV. Über die Natur der Zentrosomen, Jena 1901.

[3] H. Winkler, Über Merogonie und Befruchtung, Jahrb. f. wiss. Bot. 36. Bd. 1901.

gegen mit ihren großen Zellkernen erinnern in mancher Hinsicht an den Bau pflanzlicher Sekretzellen und stellen möglicherweise die Stätten dar, in denen der fragliche Zellteilungsstoff und vielleicht auch andere Wuchsenzyme oder Hormone gebildet werden[1]. Diese würden dann durch die mit Plasmodesmen versehenen Tüpfelschließhäute in die Siebröhren hineingelangen, in denen ihre Weiterleitung auf große Entfernungen hin stattfinden könnte[2]. Da wir bis heutigen Tags über die Funktion der bei den Angiospermen so allgemein verbreiteten Geleitzellen des Leptoms und der sie vertretenden plasmareichen Zellenzüge bei den Pteridophyten und Gymnospermen nicht das geringste wissen[3], so ist die Annahme, daß wir es in ihnen mit Organen der inneren Sekretion zu tun haben, schon von vornherein erwägenswert. Durch die in dieser Arbeit mitgeteilten neuen Tatsachen wird diese Annahme meines Erachtens nicht unwesentlich gestützt. Kann auch von einem schlagenden Beweise noch lange nicht gesprochen werden, so ist doch ein neuer Weg gefunden, der möglicherweise zum Ziele führt.

Wenn der von mir nachgewiesene Einfluß des Leptoms auf den Zellteilungsvorgang wirklich durch einen Reizstoff vermittelt wird und dieser Satz verallgemeinert werden darf, so haben wir uns bei den

[1] Von Raciborski (Ein Inhaltskörper des Leptoms, Berichte der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1898) wurde bei verschiedenen Pflanzen im Leptom, und zwar in den Siebröhren und Geleitzellen, ferner zuweilen auch in der Nähe der Leptombündel, in der Rinde und auch in Milchsäften eine Substanz nachgewiesen, durch die eine alkoholische Lösung von Guajakharz mit einem Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd gebläut wird. Die Geleitzellen färben sich besonders stark. Raciborski hat diese Substanz, die in Wasser und Glyzerin löslich, in Alkohol unlöslich ist und durch kurzes Erwärmen auf 95° zerstört wird, als »Leptomin« bezeichnet und spricht vermutungsweise die Ansicht aus, daß dasselbe »als ein mit Sauerstoff beladenes Vehikel« bei der Atmung der Gewebe, die nicht unmittelbar an Interzellularräume grenzen, eine wichtige Rolle spiele. Auch in einer zweiten Mitteilung (Berichte der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1898) vertritt Raciborski, wenn auch noch vorsichtiger, diese Ansicht. — Ich habe nach der von Raciborski angegebenen Methode eine Kartoffelknolle auf ihren Leptomingehalt hin untersucht und die angegebene Bläuung in den Leptomteilen des Gefäßbündelringes, ferner in den Leptombündeln des Markes und der Rinde tatsächlich beobachtet. Auch die Speicherzellen in der Umgebung der Leptombündel, ferner das Rindenparenchym wurden etwas gebläut. — Ich muß es natürlich dahingestellt sein lassen, ob Raciborskis Leptomin mit dem fraglichen Reizstoff des Leptoms, der Zellteilungen veranlaßt, in irgendeinem Zusammenhange steht, und unterlasse es, die in dieser Hinsicht bestehenden Möglichkeiten zu diskutieren.

[2] Wenn Fitting (Biolog. Zentralblatt 19. Bd., S. 195) mit Rücksicht auf den Transport von Reizstoffen sagt, daß »der Pflanze ein den Blut- und Lymphgefäßen entsprechendes Zirkulationssystem fehlt«, so ist das an und für sich richtig. Die Pflanze besitzt zwar kein »Zirkulationssystem«, doch ist ein genügend rascher Transport der Reizstoffe im Siebröhren- und vielleicht auch im Milchröhrensystem ganz gut möglich.

[3] Vgl. G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie 4. Aufl., S. 307.

höher entwickelten Pflanzen, soweit sie Gefäßbündel besitzen, die Verhältnisse betreffs der Bildung und der Verteilung des fraglichen Reizstoffes etwa folgendermaßen vorzustellen: Das Urmeristem der Vegetationsspitzen, wie überhaupt alle primären embryonalen Gewebe, die direkt vom Embryo abstammen, besitzen die Fähigkeit, den Zellteilungsstoff selbst zu erzeugen. Beim Übergange der primären Bildungsgewebe in die verschiedenen Dauergewebe geht diese Fähigkeit der Mehrzahl der letzteren früher oder später verloren. Das Rindenparenchym der Stengel behält sie anscheinend länger als das Mark. Die Produktion des Teilungsstoffes wird nun zur speziellen Aufgabe des Leptoms, vermutlich seiner Geleitzellen bzw. der sie vertretenden Zellenzüge. Wenn in ausgewachsenen Organen durch Teilungen von Dauergewebszellen Folgemeristeme angelegt werden, wie das Phellogen und das Interfaszikularkambium, so beruht das entweder darauf, daß die betreffenden Zellen erneut die Fähigkeit erlangen, den Teilungsstoff selbst zu bilden, oder daß sie in besonderem Maße befähigt sind, sich den vom Leptom ausgeschiedenen Teilungsstoff anzueignen und aufzuspeichern. Auch durch einen Wundreiz kann diese letztere Fähigkeit geweckt werden und so zu Zellteilungen führen. Ob es sich dabei immer um ein und denselben Reizstoff handelt oder ob verschiedene Reizstoffe gebildet werden, im Urmeristem ein anderer als im Leptom, ist eine Frage von sekundärer Bedeutung.

Bei den leitbündellosen Pflanzen, den Algen, Pilzen und Lebermoosen, besitzen nach den Untersuchungen Vöchtings, Beneckes, Fr. Toblers, Klebs, Brefelds, W. Magnus, Krehs u. a. auch die Zellen kleiner Gewebefragmente oder selbst isolierte Zellen die Fähigkeit, sich unter gewissen Kulturbedingungen zu teilen und unter Umständen sogar zu einer neuen Pflanze auszuwachsen. Hier, wo die physiologische Arbeitsteilung noch lange nicht so weit vorgeschritten ist wie bei den höheren Pflanzen, ist jede oder wenigstens die Mehrzahl der Dauergewebszellen imstande, sich selbständig zu teilen, den dazu nötigen Reizstoff selbst zu produzieren. Vorausgesetzt natürlich, daß auch bei diesen Pflanzen die Zellteilungen durch einen Reizstoff bedingte Chemomorphosen sind. — Die Laubmoose nehmen insofern eine Mittelstellung ein, als bei ihnen die Befähigung rein vegetativer Dauergewebszellen Teilungen einzugehen und so zum Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Individuen zu werden, mehr oder minder eingeschränkt ist. Die Teilungsfähigkeit ist in der Regel, wie Correns[1] gezeigt hat, bestimmten Initialzellen — Nematogonen, Rhizoidini-

[1] Correns, Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge, Jena 1899. Vgl. S. 368, 392, 393, 404, 408, 409.

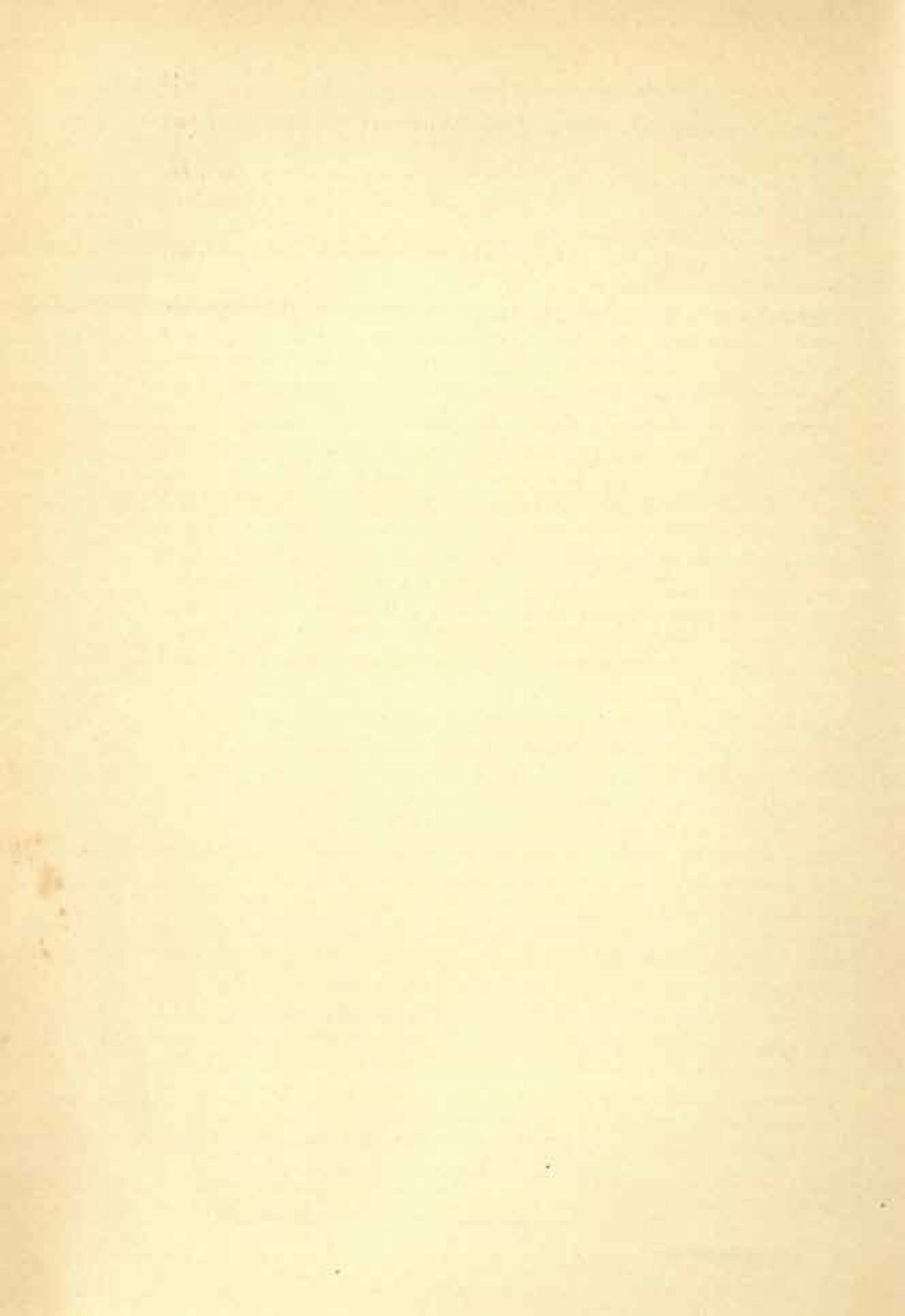
tialen — vorbehalten, deren Plasmakörper embryonalen Charakter besitzen[1].

Ob bei den höher entwickelten Pflanzen in ausgewachsenen Organen nur das Leptom den fraglichen Zellteilungsstoff zu bilden vermag oder ob auch noch andere Gewebearten, ich denke vor allem an Sekretionsorgane und Exkretbehälter, dieselben oder auch andere Reizstoffe gleicher Funktion erzeugen können, wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Auch die Frage, ob es sich um arteigene Stoffe handelt, muß wohl auf experimentellem Wege beantwortet werden können. Bei erneuten Kulturversuchen mit isolierten Pflanzenzellen wird es vielleicht gelingen, durch Zusatz von Siebröhrensaft zur Nährlösung die Zellen zur Teilung zu veranlassen.

[1] Correns, a. a. O. S. 368.

Ausgegeben am 3. April.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei



1913.

XVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

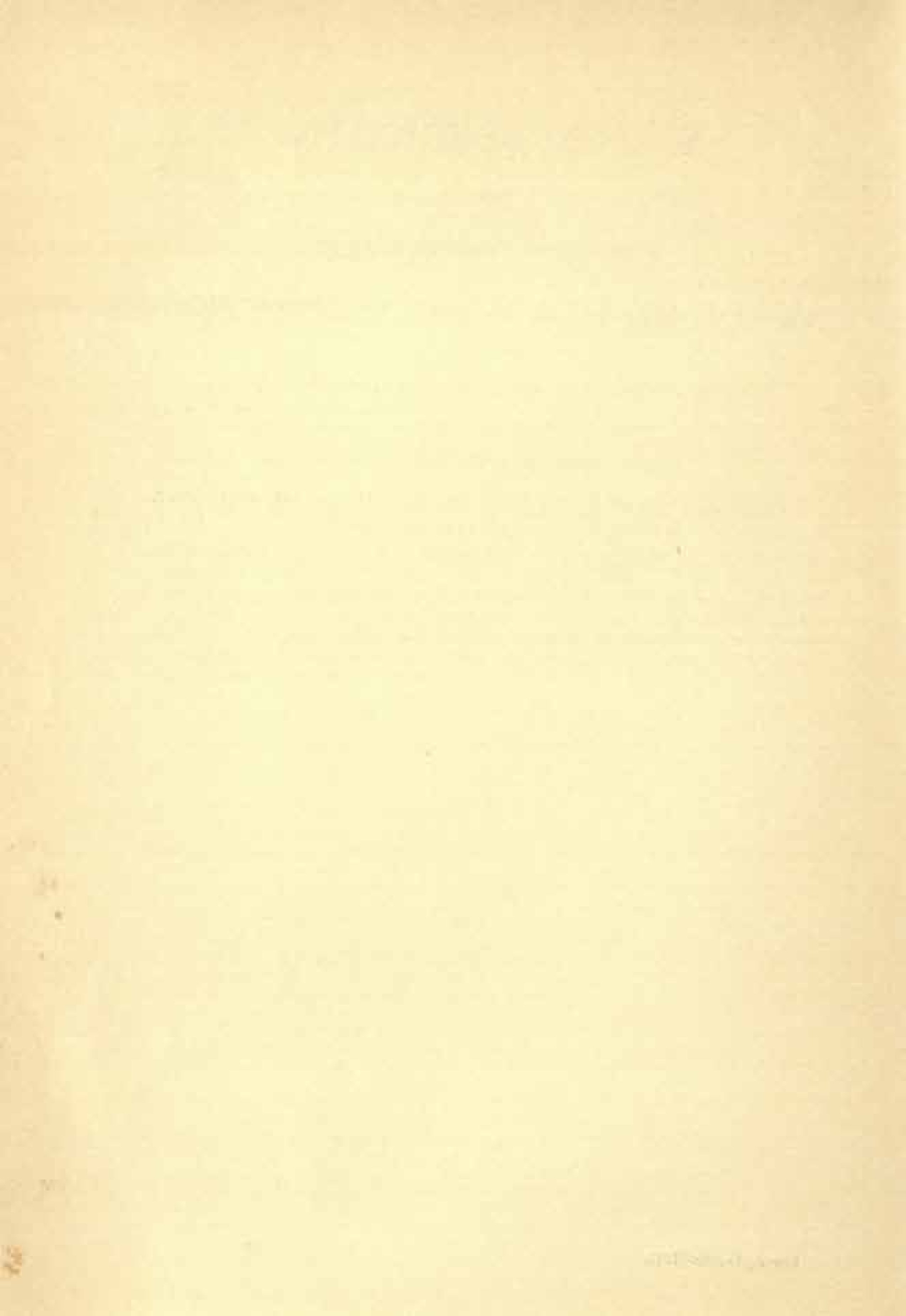
3. April. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

Hr. Wilhelm Schulze las über die lautlichen Wandlungen der Namen Israel und Osroes. (Ersch. später.)

Eine Untersuchung der verschiedenen Formen und ihrer Verbreitung führt zu dem Ergebniss, dass das *Istrahel* der altlateinischen Bibelübersetzung eine echt griechische Vulgärform ist, die aus der griechischen Bibel selbst spätestens seit dem 4. Jahrhundert bis auf geringe Spuren verdrängt wurde, und dass der syrische Name der Stadt Edessa *Urhâi* auf der volksthümlichen Aussprache ʽΟῤῥόηϲ (mit hörbarem *h*) beruht.

Ausgegeben am 10. April.



SITZUNGSBERICHTE

1913.

XVIII.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

3. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

Hr. Planck las Über das Gleichgewicht zwischen Oscillatoren, freien Elektronen und strahlender Wärme.

Es wird das thermodynamische Gleichgewicht betrachtet, das sich in einem von elementaren, Wärmestrahlung emittirenden und absorbirenden Oscillatoren erfüllten Raume herausbildet, wenn die Oscillatoren bei jeder Emission auch ein freies Elektron abschleudern. Unter Zugrundelegung bestimmter elementarer Wirkungsgesetze ergeben sich für die Oscillatoren und für die Wärmestrahlung die bekannten Formeln der Quantenhypothese, für die freien Elektronen das Maxwell'sche Geschwindigkeitsvertheilungsgesetz und für das Dissociationsgleichgewicht zwischen Oscillatoren und freien Elektronen das bekannte thermodynamische Massenwirkungsgesetz.

Über das Gleichgewicht zwischen Oszillatoren, freien Elektronen und strahlender Wärme.

Von Max Planck.

§ 1. Einleitung und Inhaltsübersicht.

In einem Körper, welcher viele verschiedenartige Atome mit verschiedenen Eigenschwingungen enthält, wird beim thermodynamischen Gleichgewicht die mittlere Energie einer jeden Schwingung durch die Temperatur des Körpers vollständig bestimmt sein, und ihr Betrag läßt sich mit Hilfe der Quantenhypothese berechnen. Wenn also dem Körper auf irgendeine besondere Art Wärme zugeführt wird, z. B. durch selektive Absorption von Wärmestrahlung, indem nur eine einzige Art von Atomen die von außen auffallende Strahlung absorbiert, so müssen sich die Schwingungen dieser Atome durch Abgabe von Energie an alle übrigen Atomarten allmählich mit diesen ins thermodynamische Gleichgewicht setzen, und gleichzeitig nimmt auch die im Innern des Körpers vorhandene Wärmestrahlung die der höheren Temperatur entsprechende normale spektrale Energieverteilung an, die bekanntlich, bei bestimmter Fortpflanzungsgeschwindigkeit, ganz unabhängig ist von der Anzahl und der Art der vorhandenen Atome.

So sicher diese Sätze auf der Grundlage der allgemeinen Thermodynamik basiert sind, so fehlt es doch bisher an einer bestimmteren Vorstellung davon, auf welche Weise dieser wechselseitige Energieausgleich zwischen den verschiedenen Atomschwingungen und der durch sie emittierten und absorbierten Strahlung zustande kommt. Denn soweit die Quantenhypothese bisher ausgebildet wurde, behandelt sie immer nur die Wechselwirkung zwischen Oszillatoren und Strahlung einer einzelnen bestimmten Schwingungszahl[1]. Meines Wissens liegt bis jetzt, abgesehen von einzelnen Andeutungen in Arbeiten von H. Poincaré[2] und H. A. Lorentz[3], nicht einmal der Ver-

[1] P. Ehrenfest, Wien. Ber. 114 [2a], S. 1301, 1905.
[2] H. Poincaré, Journ. de Phys. (5) 2, S. 5, S. 347, 1912.
[3] H. A. Lorentz, Archives Néerland. [III A], t. 2, S. 176, 1912.

such vor, zu einer im Sinne der Quantenhypothese quantitativ verwertbaren Annahme über die Natur der elementaren Wechselwirkungen zwischen Atomen mit verschiedenen Eigenschwingungen zu gelangen. Und doch ist es eine der dringendsten Aufgaben der Quantenhypothese, eine Antwort zu finden auf die Frage, durch welche elementaren Vorgänge es bewirkt wird, daß die Energien zweier Oszillatoren von verschiedenen Eigenschwingungen sich gegenseitig so ausgleichen, wie es die Herstellung des Temperaturgleichgewichts erfordert.

Zur Lösung dieser Aufgabe wüßte ich nur den einen Weg, daß man hypothetisch ein elementares Wirkungsgesetz aufstellt, von dem sich zeigen läßt, daß es eindeutig zu dem von der Quantenhypothese geforderten Resultat führt. Denn von einer selbständigen Begründung eines derartig leistungsfähigen Elementargesetzes kann deshalb nicht die Rede sein, weil damit natürlich zugleich auch eine selbständige Begründung der Quantenhypothese selber gegeben wäre, während doch wohl kein Zweifel darüber besteht, daß die Quantenhypothese sich in keinerlei Weise auf anderweit bekannte und anerkannte Gesetze zurückführen läßt. Wenn es nun gelingt, ein solches Elementargesetz aufzufinden, so ist dasselbe damit zwar noch nicht als in der Natur zutreffend erwiesen — denn der Schluß von einem lediglich statistischen Gesetz auf das ihm zugrunde liegende Elementargesetz ist wohl niemals eindeutig —, aber es würde doch gezeigt sein, was von vornherein durchaus nicht selbstverständlich ist und von manchen Autoren noch bezweifelt zu werden scheint, daß es überhaupt möglich ist, den Inhalt der Quantenhypothese auf einfache elementare Wirkungsgesetze zurückzuführen.

In dem nachfolgenden Aufsatz habe ich es unternommen, alle Eigenschaften des thermodynamischen Gleichgewichts zwischen einem System von beliebig vielen linearen Oszillatoren verschiedener Eigenperioden und der von denselben emittierten und absorbierten Strahlung, wie es von der Quantenhypothese gefordert wird, aus gewissen hypothetisch angenommenen elementaren Wirkungen abzuleiten, und zwar derartig, daß die Quantenwirkung nur bei der Emission eine Rolle spielt, während für die Absorption der Strahlung und für die freie Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen im leeren Raum die Maxwellschen elektromagnetischen Feldgleichungen als genau gültig angenommen werden.

Bei der Wechselwirkung zwischen zwei Oszillatoren von verschiedenen bestimmten Eigenperioden spielt natürlich die elektromagnetische Strahlung keine Rolle, weil die von dem einen Oszillator emittierte Strahlung von dem anderen gar nicht absorbiert wird; es bedarf daher der Einführung eines anderen Zwischenträgers der Energie, und hier-

für werden, einem schon von verschiedenen Seiten geäußerten Gedanken zufolge[1], die freien Elektronen genommen. Es wird nämlich vorausgesetzt, daß die Schwingungen in den Oszillatoren von Elektronen ausgeführt werden, und daß bei der Emission eines Oszillators neben einem gewissen Betrag von elektromagnetischer Strahlung stets auch ein freies Elektron mit gewisser Geschwindigkeit fortgeschleudert wird. Zurück bleibt ein positiv geladener Restoszillator, der sich vollständig indifferent verhalten soll, bis er zufällig von einem der frei herumfliegenden Elektronen getroffen wird. Dieses gibt bei dem Zusammenstoß zunächst seine ganze kinetische Energie als elektromagnetische Strahlung nach außen ab, kommt dadurch zunächst vollständig zur Ruhe und beginnt sodann im Oszillator periodische Schwingungen, deren Energie allmählich durch Absorption auffallender Strahlung so lange wächst, bis abermals Emission stattfindet. Im ganzen beruht also das thermodynamische Gleichgewicht auf dem stationären Energieaustausch zwischen Oszillatoren, freien Elektronen und elektromagnetischer Strahlung.

Die Bedeutung der hier entwickelten Theorie soll nicht darin liegen, daß die eingeführten Hypothesen von vornherein besonders plausibel erscheinen — sie werden im Gegenteil zum Teil einen ziemlich willkürlichen Eindruck machen —, sondern vielmehr darin, daß sich aus ihnen der thermodynamische Gleichgewichtszustand in allen Einzelheiten vollkommen streng ableiten läßt und daß er für die Oszillatoren und die elektromagnetische Strahlung die Formeln der Quantenhypothese, für die freien Elektronen das Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilungsgesetz, für das Gleichgewicht zwischen Oszillatoren und freien Elektronen das bekannte thermodynamische Massenwirkungsgesetz liefert. Man kann also mit dem hier beschriebenen Modell in bestimmter Weise weiterarbeiten und insbesondere genau prüfen, nach welcher Seite es zu modifizieren ist, um den in der Natur vorliegenden Verhältnissen noch näherzukommen.

§ 2. Formulierung der physikalischen Voraussetzungen.

In einem nach außen durch starre, absolut reflektierende Wände abgeschlossenen Vakuum befinden sich in unregelmäßiger Anordnung, doch in gehöriger Entfernung voneinander, eine große Zahl N von linearen Oszillatoren der verschiedensten Eigenschwingungszahlen ν ver-

[1] Vgl. z. B. W. Wien, Ann. d. Phys. 23, S. 433, 1907. — Ph. Lenard, Sitz.-Ber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. Januar 1913. — O. W. Richardson, Phil. Mag. Oktober 1912, S. 570, S. 575.

streut, so daß die Anzahl der zwischen den Schwingungszahlen ν und $\nu + d\nu$ liegenden Oszillatoren $N_\nu \cdot d\nu$ beliebig gegeben ist, wobei:

$$\int_0^\infty N_\nu d\nu = N. \qquad (1)$$

Außerdem sei dem System eine gewisse Energie, etwa in Form freier elektromagnetischer Strahlung von beliebiger spektraler Verteilung, mitgeteilt.

Es wird gefragt nach den Bedingungen des stationären Zustandes, der sich mit der Zeit zwischen den Schwingungen der Oszillatoren, den spektralen Strahlungsintensitäten und den Bewegungen der von den Oszillatoren abgeschleuderten freien Elektronen herstellen wird, unter Zugrundelegung der folgenden Hypothesen über die elementaren Vorgänge in dem System.

Fassen wir zunächst einen Oszillator ins Auge, der das in ihm schwingende Elektron durch Emission verloren hat. Derselbe ist positiv geladen, seine Masse sei so groß gegen die eines Elektrons, daß im stationären Zustand seine Geschwindigkeit gegen die der freien Elektronen vernachlässigt werden darf. Wir setzen weiter voraus, daß dieser Restoszillator sich gegenüber den Vorgängen in dem betrachteten System vollkommen indifferent verhält, so lange bis er von den frei herumfliegenden Elektronen zufällig eines abfängt und dadurch wieder zu einem vollständigen Oszillator wird. Ob ein vorbeifliegendes Elektron von dem Oszillator abgefangen wird oder nicht, soll abhängen erstens von dem Minimalabstand $r_{\min}$ des Oszillators von der Geraden, welche die Bahn des herankommenden, punktförmig gedachten Elektrons bezeichnet, zweitens von der Geschwindigkeit q des freien Elektrons, und zwar soll, wenn

$$q \cdot r_{\min} < f \qquad (2)$$

(f eine von der Geschwindigkeit q unabhängige, aber von der Natur des Oszillators und auch von der lokalen Beschaffenheit des Strahlungsfeldes abhängige Größe), das Elektron von dem Oszillator festgehalten werden; während im entgegengesetzten Fall das Elektron weiterfliegt, mit ungeänderter Geschwindigkeit q, aber in mehr oder weniger geänderter Richtung. Schnellere Elektronen können also in größerer Nähe vom Restoszillator vorbeifliegen, ohne abgefangen zu werden.

Wenn nun ein Elektron vermöge der Ungleichung (2) im Oszillator festgehalten wird, so soll es seine ganze ursprüngliche kinetische Energie $\frac{1}{2}\mu q^2$ verlieren, welche als elektromagnetische Wellenstrahlung von der Schwingungszahl ν des Oszillators in den umgebenden Raum emittiert

wird, und die durch die elektrische Anziehung gewonnene Energie soll in irgendeiner latenten Form bis zur nächsten Emission aufgespeichert bleiben. Alsdann wird das Elektron durch die auffallende Strahlung, insofern dieselbe eine der Schwingungszahl ν entsprechende spektrale Intensität enthält, zu allmählich anwachsenden Schwingungen angeregt. Hierfür sollen die in meiner Theorie der Wärmestrahlung eingeführten Gesetzmäßigkeiten gelten. Dann ist die im Zeitelement dt von dem Oszillator absorbierte Energie[1]:

$$\frac{\mathfrak{J}_\nu dt}{4L},$$

wobei $\mathfrak{J}_\nu$ die spektrale Intensität der erregenden Schwingung, L eine Oszillatorkonstante vorstellt, die mit der Masse μ und der elektrostatisch gemessenen Ladung $-\varepsilon$ des Elektrons durch die Beziehung

$$L = \frac{\mu}{\varepsilon^2}$$

zusammenhängt, wie sich aus der Kombination der Gleichungen (205) und (233) a. a. O. ergibt. Daher wird die absorbierte Energie:

$$\frac{\varepsilon^2 \mathfrak{J}_\nu dt}{4\mu}. \tag{3}$$

Emission soll nur in einem Zeitpunkt stattfinden können, wo die Schwingungsenergie ein ganzes Vielfaches n von $h\nu$ erreicht, und zwar soll das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit $\zeta = 1-\eta$ dafür, daß in einem solchen Zeitpunkt keine Emission eintritt, zu der Wahrscheinlichkeit $\eta = 1-\zeta$ dafür, daß Emission eintritt, proportional[2] sein der gleichzeitigen erregenden Strahlungsintensität $\mathfrak{J}_\nu$:

$$\frac{1-\eta}{\eta} = \frac{\zeta}{1-\zeta} = p \cdot \mathfrak{J}_\nu, \tag{4}$$

wobei die Proportionalitätskonstante[3]:

$$p = \frac{3c^2}{32\pi^2 h\nu^3}. \tag{5}$$

Wenn nun Emission stattfindet, so soll zugleich mit dem Elektron stets auch die gesamte Schwingungsenergie $nh\nu$ emittiert werden, und zwar zum Teil als Wärmestrahlung, zum andern Teil als kinetische Energie des fortgeschleuderten Elektrons.

Für denjenigen Energiebetrag, welcher bei der Elektronenemission als Wärmestrahlung, und zwar von der Schwingungszahl ν, verausgabt wird, führen wir ein besonderes Elementargesetz ein. Zunächst soll derselbe stets kleiner sein als $h\nu$. Setzen wir also die emittierte Wärme-

[1] M. Planck, Vorlesungen 1913, Gleichung (249).
[2] A. a. O. Gleichung (265).
[3] A. a. O. Gleichung (268).

strahlung gleich $\sigma h\nu$, so ist σ ein positiver echter Bruch. Die kinetische Energie des fortgeschleuderten Elektrons wird dann:

$$\frac{1}{2}\mu q^2 = (n-\sigma)h\nu. \tag{6}$$

Für die Größe von σ soll folgendes Wahrscheinlichkeitsgesetz gelten. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese Zahl zwischen den Werten σ und $\sigma + d\sigma$ liegt, soll proportional sein dem Ausdruck:

$$\zeta^{-\sigma} \cdot d\sigma. \tag{7}$$

Wegen der Frage nach dem Ursprung dieses eigentümlichen Gesetzes sei auf die Ausführungen in der Einleitung verwiesen. Wesentlich für die ganze hier entwickelte Theorie ist nicht die selbständige Begründung dieser speziellen Form des Gesetzes, sondern der Umstand, daß sich überhaupt ein einfaches Elementargesetz angeben läßt, welches die von der Quantenhypothese geforderten Bedingungen des thermodynamischen Gleichgewichts zwischen der elektromagnetischen Strahlung und der kinetischen Energie der freien Elektronen vollständig enthält. So ganz willkürlich wählbar ist übrigens die Form des Gesetzes doch auch von vornherein nicht. Denn um ein Elementargesetz zu sein, darf es nur solche Größen enthalten, die sich auf den lokalen und gleichzeitigen Zustand des Oszillators und seiner unmittelbaren Umgebung beziehen. Insbesondere darf die Temperatur nicht darin vorkommen; denn diese Größe besitzt nur Bedeutung für stationäre oder nahezu stationäre Vorgänge, während das Elementargesetz auch für beliebige andere Vorgänge, bei denen sich gar keine Temperatur angeben läßt, einen Sinn haben muß. Selbstverständlich ist dem angenommenen Wahrscheinlichkeitsausdruck schließlich auch ein Kausalgesetz zugrunde zu legen; indessen genügt hier die Kenntnis des statistischen Zusammenhangs, und außerdem die Bemerkung, daß bei dem komplizierten Charakter der Schwingungen des Oszillators und der ihn treffenden Strahlung die Auffindung eines passenden Kausalgesetzes durchaus im Bereich der Möglichkeit liegend erscheint.

Da σ zwischen 0 und 1 liegt, so ergibt sich aus dem Proportionalitätsausdruck (7) sogleich auch der absolute Betrag der Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese Größe zwischen σ und $\sigma + d\sigma$ liegt, vermöge der Bedingung, daß das Integral, von 0 bis 1 erstreckt, den Wert 1 besitzt:

$$\frac{\zeta \ln \zeta}{\zeta - 1} \cdot \zeta^{-\sigma} d\sigma. \qquad (>0) \tag{8}$$

Sobald das Elektron frei geworden ist, fliegt es mit der aus (6) zu berechnenden Geschwindigkeit q weiter, bis es von irgendeinem andern

positiven Restoszillator wieder aufgefangen wird und das Spiel von neuem beginnt, aber natürlich im allgemeinen mit einer andern Schwingungsperiode. Die Wechselwirkungen zwischen den freien Elektronen und den vollständigen, elektrisch neutralen, Oszillatoren sollen die Bedingungen des stationären Zustandes ebensowenig modifizieren wie die der freien Elektronen untereinander und mit der freien Wärmestrahlung. —

Durch die beschriebenen Hypothesen ist die Natur der zu betrachtenden Vorgänge vollkommen festgelegt, und es kann die gestellte Frage nach dem stationären Zustand in allen Einzelheiten beantwortet werden.

§ 3. Schwingungsenergie der Oszillatoren.

Von den $N_\nu d\nu$ ursprünglich gegebenen, zwischen ν und $\nu + d\nu$ schwingenden Oszillatoren mögen im stationären Zustand $N'_\nu d\nu$ als vollständige Oszillatoren schwingen, während die übrigen:

$$(N_\nu - N'_\nu)\, d\nu = N''_\nu d\nu \tag{9}$$

ihres Elektrons beraubt sind und als positiv geladene Restoszillatoren sich eine Zeitlang vollständig indifferent verhalten. Die Gesamtzahl der freien Elektronen ist gleich der Gesamtzahl der Restoszillatoren, also:

$$\int_0^\infty N''_\nu d\nu = N''. \tag{10}$$

Es gilt nun, die Bedingungen des stationären Zustandes aufzusuchen.

Wir bezeichnen die Anzahl derjenigen unter den $N'_\nu d\nu$ Oszillatoren, deren Schwingungsenergie zwischen $(n-1)h\nu$ und $nh\nu$ liegt, mit $N'_\nu d\nu \cdot w_n$. Nach Ablauf derjenigen Zeit τ, welche verstreicht, bis jeder dieser letztgenannten Oszillatoren den Energiebetrag $h\nu$ aus der auffallenden Strahlung absorbiert hat, also, gemäß (3), nach der Zeit:

$$\tau = \frac{4\mu h\nu}{e^2 \mathfrak{J}_\nu}, \tag{11}$$

werden die Schwingungsenergien aller dieser Oszillatoren, und nur dieser Oszillatoren, zwischen $nh\nu$ und $(n+1)h\nu$ liegen, sofern sie nicht beim Überschreiten des Grenzwerts $nh\nu$ ihr Elektron emittiert haben. Da nun derjenige Bruchteil von ihnen, der keine Emission ausführt, durch ζ gegeben wird, so ist im stationären Zustand:

$$w_{n+1} = \zeta w_n .$$

Daraus folgt durch sukzessive Rekursion:

$$w_n = \zeta^{n-1} w_1 .$$

w_1 ergibt sich aus der Bedingung:

$$\sum_1^\infty w_n = 1$$

als:

$$w_1 = 1 - \zeta,$$

so daß

$$w_n = \zeta^{n-1}(1-\zeta). \tag{12}$$

Die Anzahl der betrachteten Oszillatoren, deren Schwingungsenergie zwischen 0 und $h\nu$ liegt, beträgt also:

$$N'_\nu d\nu \cdot w_1 = N'_\nu d\nu \cdot (1-\zeta). \tag{13}$$

Diese Zahl ist nun im stationären Zustande gleich der Anzahl derjenigen Restoszillatoren von der Schwingungszahl ν, die sich während der Zeit τ durch Auffangung eines freien Elektrons zu einem vollständigen Oszillator ergänzen. Wir haben also jetzt zu berechnen, wieviel der Restoszillatoren $N''_\nu d\nu$ in der Zeit τ ein freies Elektron auffangen. Dazu dient uns eine aus der kinetischen Gastheorie geläufige Überlegung. Fassen wir diejenigen unter den freien Elektronen N'' ins Auge, deren Geschwindigkeit zwischen q und $q + dq$ liegt und deren Bewegungsrichtung innerhalb des Elementarkegels $d\Omega$ verläuft; wir bezeichnen sie mit $N''_q dq \cdot \frac{d\Omega}{4\pi}$, wobei im stationären Zustand N''_q nur von q, nicht aber von der Richtung abhängt.

Legen wir nun um jeden Restoszillator eine Kugel mit dem Radius

$$r = \frac{f}{q}, \tag{14}$$

so wird nach (2) jedes der betrachteten freien Elektronen, welches während der Zeit τ in eine dieser Kugeln eintritt, von dem betreffenden Oszillator festgehalten, die übrigen nicht. Die nämliche Zahl ergibt sich, wenn man die Elektronen ruhend, dagegen die Oszillatoren nebst ihren Kugeln mit der gemeinsamen Geschwindigkeit q bewegt annimmt. Sie ist also gleich der Anzahl derjenigen ruhend gedachten Elektronen, welche in den während der Zeit τ von den Vorderflächen der bewegten Kugeln beschriebenen Räumen liegen. Die Größe aller dieser Räume ist gleich der Summe der Volumina von lauter gleichen Zylindern mit dem Querschnitt $r^2\pi$ und der Länge $q\tau$, also gleich $N''_\nu d\nu \cdot r^2\pi \cdot q\tau$, und die Anzahl der betrachteten Elektronen, welche in diesen Räumen liegen, ist, mit Berücksichtigung des Wertes von r aus (14):

$$\frac{N''_\nu d\nu \cdot \pi f^2 \tau}{q} \cdot \frac{N''_q dq}{V} \cdot \frac{d\Omega}{4\pi}, \tag{15}$$

wenn V das Volumen des ganzen Systems bedeutet.

Mithin erhält man für die Gesamtzahl der in der Zeit τ neugebildeten Oszillatoren der betrachteten Schwingungszahl ν, durch Integration über q von 0 bis ∞, über Ω von 0 bis 4π und Gleichsetzung mit (13):

$$\frac{\pi f^2 \tau N_\nu''}{V} \cdot \int_0^\infty N_q'' \frac{dq}{q} = N_\nu'(1-\zeta). \tag{16}$$

§ 4. Energie der freien elektromagnetischen Strahlung.

Damit die in dem Spektralintervall zwischen ν und $\nu + d\nu$ enthaltene Energie der freien elektromagnetischen Strahlung konstant bleibt, muß in der Zeit τ ebensoviel von ihr durch Absorption verloren gehen, als durch Emission neu gewonnen wird. Absorbiert wird von den $N_\nu' d\nu$ Oszillatoren in der Zeit τ der Energiebetrag:

$$N_\nu' d\nu \cdot h\nu. \tag{17}$$

Emittiert dagegen wird strahlende Energie sowohl bei der Auffangung als auch bei der Abschleuderung freier Elektronen.

Der erste Betrag berechnet sich aus der Zahl (15) der in der Zeit τ von den Restoszillatoren $N_\nu'' d\nu$ aufgefangenen Elektronen einer bestimmten Geschwindigkeit q, durch Multiplikation mit $\frac{1}{2}\mu q^2$ und Integration über q von 0 bis ∞, über Ω von 0 bis 4π:

$$\frac{\pi \mu f^2 \tau N_\nu'' d\nu}{2V} \cdot \int_0^\infty N_q'' q dq. \tag{18}$$

Der zweite Betrag ergibt sich aus der Betrachtung der emittierenden Oszillatoren. Von allen $N_\nu' d\nu$ Oszillatoren kommen in der Zeit τ $N_\nu' d\nu (1-\zeta)$ zur Emission. Von dieser Anzahl wiederum emittiert derjenige Bruchteil, der durch den Ausdruck (8) gegeben ist, die Energie $\sigma h\nu$ als elektromagnetische Strahlung; mithin emittieren sie zusammen die Strahlungsenergie:

$$N_\nu' d\nu (1-\zeta) \cdot \frac{\zeta \ln \zeta}{\zeta - 1} \cdot \int_0^1 \zeta^{-\sigma} \cdot \sigma h\nu \cdot d\sigma = N_\nu' d\nu \, \frac{h\nu}{\ln \zeta}(1 + \ln \zeta - \zeta). \tag{19}$$

Der stationäre Zustand bedingt also, daß die Summe der Ausdrücke (18) und (19) gleich ist dem Ausdruck (17), woraus sich ergibt:

$$\frac{\pi \mu f^2 \tau N_\nu''}{2V} \cdot \int_0^\infty N_q'' q dq = N_\nu' h\nu \cdot \frac{\zeta - 1}{\ln \zeta}. \tag{20}$$

§ 5. Energie der freien Elektronen.

Im stationären Zustand muß ferner die Geschwindigkeitsverteilung der freien Elektronen konstant sein. Nun wird die Gesamtzahl $N''_q dq$ derjenigen freien Elektronen, deren Geschwindigkeit zwischen q und $q+dq$ liegt, in der Zeit τ einerseits verkleinert durch die Zusammenstöße, die sie mit den ruhenden Restoszillatoren erleiden, andrerseits vergrößert durch Elektronenemission von seiten der schwingenden Oszillatoren. Wir berechnen beide Zahlen und setzen sie einander gleich.

Die Zahl der in der Zeit τ von ruhenden Restoszillatoren irgendwelcher Art aufgefangenen Elektronen des betrachteten Geschwindigkeitsintervalls ergibt sich aus (15) durch Integration über Ω von 0 bis 4π und über ν von 0 bis ∞ als:

$$\frac{\pi N''_q dq}{Vq} \cdot \int_0^\infty N''_\nu f^2 \tau \cdot d\nu . \tag{21}$$

Um anderseits die Zahl der in der nämlichen Zeit τ von den schwingenden Oszillatoren mit einer Geschwindigkeit zwischen q und $q+dq$ emittierten Elektronen zu berechnen, fassen wir zunächst die Oszillatoren $N'_\nu d\nu$ einer bestimmten Schwingungszahl ν ins Auge, wobei $d\nu$ unendlich klein von kleinerer Größenordnung als dq gedacht werden mag. Dann ist, da q und ν gegeben sind, sowohl n als auch σ durch (6) bestimmt:

$$n-\sigma = \frac{\mu q^2}{2h\nu}, \tag{22}$$

und für das Intervall dq ergibt sich aus dieser Gleichung:

$$d\sigma = -\frac{\mu q\, dq}{h\nu}. \tag{23}$$

Hieraus folgt, daß nur diejenigen unter den betrachteten $N'_\nu d\nu$ Oszillatoren zu der gesuchten Zahl beitragen, bei deren Emission n, σ und $d\sigma$ die durch (22) und (23) bestimmten Werte besitzen.

Nun ist nach § 3 die Anzahl der während der Zeit τ bei der Schwingungsenergie $nh\nu$ emittierenden Oszillatoren:

$$N'_\nu d\nu\, w_n \cdot (1-\zeta) = N'_\nu d\nu \cdot \zeta^{n-1}(1-\zeta)^2,$$

und von diesen wiederum emittiert nach (8) die Zahl:

$$N'_\nu d\nu \cdot \zeta^{n-1}(1-\zeta)^2 \cdot \frac{\zeta\, ln\zeta}{\zeta-1} \cdot \zeta^{-\sigma} d\sigma$$

je ein Elektron mit der verlangten Geschwindigkeit, wenn für n, σ und $d\sigma$ ihre Werte aus (22) und (23) eingesetzt werden. Dies ergibt die Zahl:

$$N'_\nu d\nu \cdot (\zeta-1)\, ln\zeta \cdot \zeta^{\frac{\mu q^2}{2h\nu}} \cdot \frac{\mu q\, dq}{h\nu}$$

der in der Zeit τ von den Oszillatoren $N'_\nu d\nu$ mit einer Geschwindigkeit zwischen q und $q + dq$ emittierten Elektronen. Durch Integration über ν von 0 bis ∞ erhält man hieraus die Gesamtzahl der hinzukommenden freien Elektronen zwischen q und $q + dq$, und durch Gleichsetzung mit (21) die Bedingung des stationären Zustandes:

$$\frac{\pi N'''_q}{Vq} \cdot \int_0^\infty N''_\nu f^2 \tau d\nu = \frac{\mu q}{h} \cdot \int_0^\infty \frac{N'_\nu}{\nu} (\zeta - 1)\, ln\zeta \cdot \zeta^{\frac{\mu q^2}{2h\nu}} \cdot d\nu . \qquad (24)$$

§ 6. Zusammenstellung der Gleichgewichtsbedingungen.

Die für den stationären Zustand notwendigen und hinreichenden Bedingungen werden durch die drei Gleichungen (16), (20) und (24) dargestellt. Wir wollen dieselben nun in geeigneter Weise kombinieren.

Wenn man aus (16) den Wert von N'_ν entnimmt und ihn in (24) einsetzt, so erhält man:

$$\int_0^\infty f^2 \tau N''_\nu d\nu \cdot \left\{ \frac{N'''_q}{q} + \frac{\mu q}{h\nu} ln\zeta \cdot \zeta^{\frac{\mu q^2}{2h\nu}} \cdot \int_0^\infty N'''_q \cdot \frac{dq}{q} \right\} = 0 .$$

Diese Gleichung gilt für jede beliebig angenommene Zahl und Art der Oszillatoren, also auch, wenn N''_ν nur für eine bestimmte Schwingungszahl ν von Null verschieden, für alle übrigen gleich Null ist. Daraus folgt, daß für jeden Wert von ν und q der Ausdruck in der Klammer verschwindet, oder:

$$N'''_q = C \cdot q^2 \cdot \zeta^{\frac{\mu q^2}{2h\nu}} , \qquad (25)$$

wobei C nicht von q abhängt. Für die freien Elektronen gilt also das Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilungsgesetz. Der Wert von C läßt sich ausdrücken durch die Gesamtzahl der freien Elektronen:

$$N''' = \int_0^\infty N'''_q dq = C \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{4} \cdot \left(-\frac{2h\nu}{\mu ln\zeta} \right)^{\frac{3}{2}}$$

also:

$$N'''_q = \frac{4 N'''}{\sqrt{\pi}} \left(-\frac{\mu ln\zeta}{2h\nu} \right)^{\frac{3}{2}} q^2 \cdot e^{\frac{\mu q^2 ln\zeta}{2h\nu}} . \qquad (26)$$

Jetzt wollen wir die Temperatur T einführen. Das kann auf zwei verschiedene Arten geschehen. Entweder können wir die Temperatur definieren durch die mittlere kinetische Energie der freien Elektronen und daraus das Gesetz der Energieverteilung im Spektrum der schwarzen Strahlung ableiten, oder wir können umgekehrt die Temperatur definieren

durch die spektrale Strahlungsintensität und daraus die kinetische Energie der Elektronen ableiten. Wir ziehen hier das letztere Verfahren vor, weil es direkter an die Erfahrung anknüpft. Danach ist die spektrale Intensität der erregenden Schwingung[1]:

$$\mathfrak{J}_\nu = \frac{32\pi^2 h\nu^3}{3c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}, \tag{27}$$

und nach (4) und (5):

$$\zeta = e^{-\frac{h\nu}{kT}}; \tag{28}$$

folglich durch Substitution in (26):

$$N''_q = \frac{4N''}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{\mu}{2Tk}\right)^{\frac{3}{2}} q^2 \cdot e^{-\frac{\mu q^2}{2kT}}. \tag{29}$$

Dies ergibt als mittlere kinetische Energie eines freien Elektrons:

$$\frac{1}{2}\mu\overline{q^2} = \frac{3}{2} kT, \tag{30}$$

genau wie bei Gasmolekülen, in Übereinstimmung mit der Drudeschen Theorie der freien Elektronen. Wieweit allerdings diese Beziehung auch auf Metalle anwendbar ist, wie Drude annahm, mag hier noch ununtersucht bleiben.

Die Substitution des gefundenen Wertes (29) von N''_q in (16) oder in (20) ergibt das Gleichgewicht zwischen den schwingenden Oszillatoren, den positiv geladenen Restoszillatoren und den freien Elektronen:

$$\frac{N''_\nu N''}{N'_\nu V} = \sqrt{\frac{kT}{2\pi\mu}} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}}{f^2 \tau} \tag{31}$$

oder mit Substitution des Wertes von τ aus (11) und Benutzung von (27):

$$\frac{N''_\nu N''}{N'_\nu V} = \frac{4\pi\nu^2 e^2}{3c^3 \mu f^2} \sqrt{\frac{2\pi k T}{\mu}} \cdot e^{-\frac{h\nu}{kT}} = K. \tag{32}$$

Diese Beziehung besitzt ganz die Form des für die Dissoziation von beliebig vielen verschiedenen Arten binärer Moleküle mit gemeinsamem Ion gültigen thermodynamischen Massenwirkungsgesetzes, wenn $N'_\nu d\nu$ die Zahl der unzersetzten Moleküle irgendeiner Gattung, $N''_\nu d\nu$ die Zahl der positiven Ionen der nämlichen Gattung, N'' die Zahl der allen Gattungen gemeinsamen negativen Ionen bedeutet. K ist die »Dissoziationskonstante«, die nicht von dem Zersetzungsgrad, sondern nur von der Natur der betreffenden Molekülgattung und von der Tem-

[1] A. a. O. Gleichung (273).

peratur abhängt. Die Temperaturabhängigkeit läßt sich auf thermodynamischem Wege ableiten und dadurch auch die Abhängigkeit der Größe f von der lokalen Strahlungsintensität bestimmen.

Wenn außer der Temperatur für jede Art von Oszillatoren die Gesamtzahl der zersetzten und der unzersetzten Oszillatoren:

$$(N'_\nu + N''_\nu)\,d\nu = N_\nu d\nu \tag{33}$$

gegeben ist, so ergibt sich aus der Gleichgewichtsbedingung (32) der Dissoziationsgrad für jede einzelne Oszillatorgattung. Denn zunächst folgt durch Elimination von N'_ν aus (32) und (33):

$$N''_\nu = \frac{N_\nu}{\frac{N''}{KV} + 1} \tag{34}$$

und hieraus durch Multiplikation mit $d\nu$ und Integration von $\nu = 0$ bis $\nu = \infty$ nach (10):

$$N'' = \int_0^\infty \frac{N_\nu d\nu}{\frac{N''}{KV} + 1}. \tag{35}$$

Sobald also N_ν als Funktion von ν gegeben ist, läßt sich aus dieser Gleichung die Zahl der freien Elektronen N'' und hierauf aus (34) die Zahl der zersetzten, aus (33) die der unzersetzten Oszillatoren jeder Gattung berechnen.

Über weitere zu Vergleichungen mit den Vorgängen in der Natur geeignete Eigenschaften des hier betrachteten physikalischen Modells gedenke ich bei einer anderen Gelegenheit zu berichten.

§ 7. Irreversible Vorgänge.

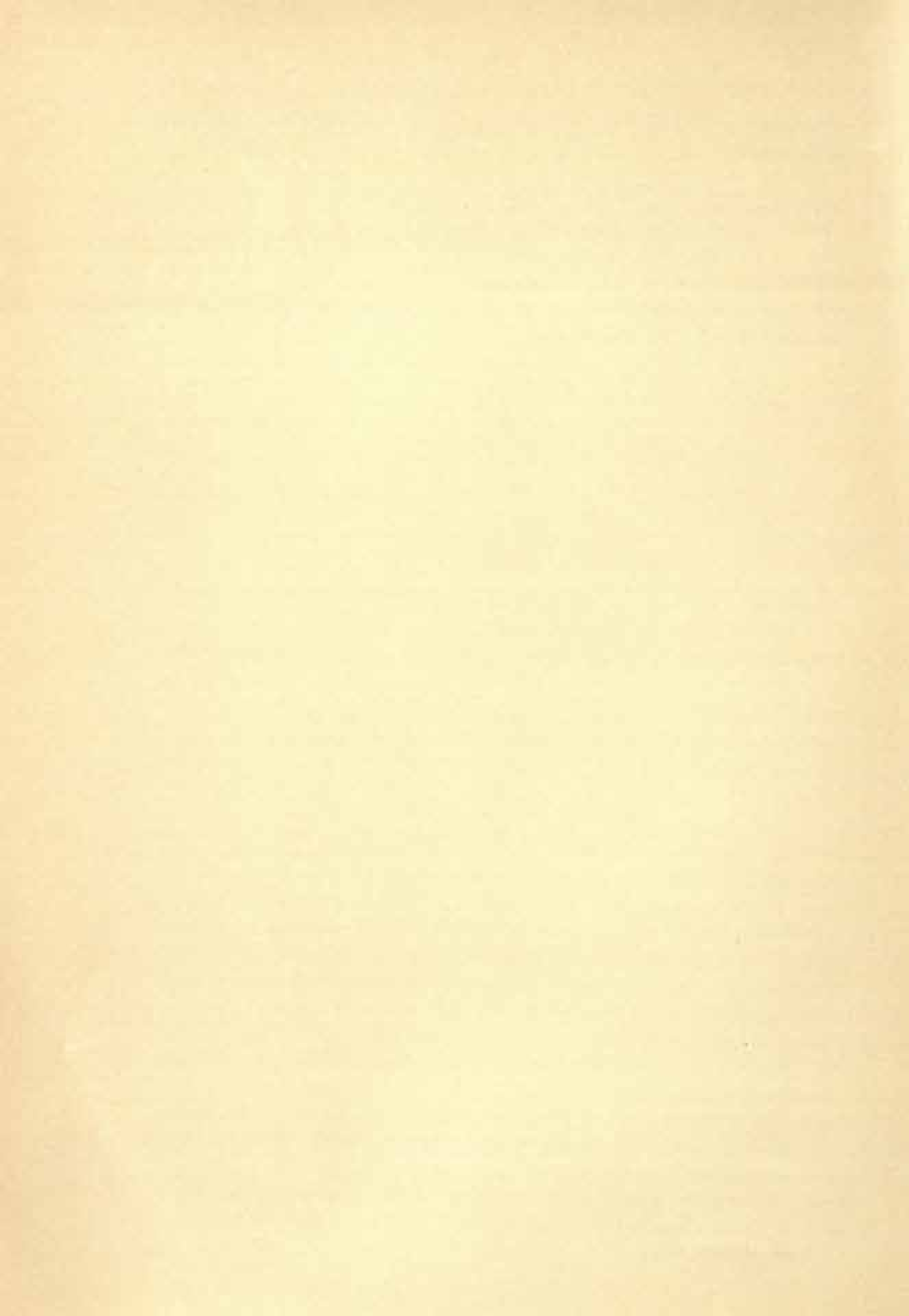
Wenn durch irgendeine äußere Ursache der thermodynamische Gleichgewichtszustand gestört wird, wenn z. B. von außen Wärmestrahlung beliebiger spektraler Beschaffenheit in den betrachteten Raum hineingebracht wird, so wird, falls überhaupt Oszillatoren der entsprechenden Schwingungszahl vorhanden sind, diese Strahlung absorbiert werden, dadurch auch die Zahl der emittierten freien Elektronen sich ändern, und schließlich mit der Zeit ein neuer Gleichgewichtszustand eintreten, in welchem die Bewegungen der freien Elektronen, die Schwingungen aller Arten von Oszillatoren und die Strahlungsintensitäten aller Wellenlängen der neuen Temperatur angepaßt sind. Zum Beweis dieses Satzes ist es notwendig und hinreichend, zu zeigen, daß bei jeder beliebig gegebenen anfänglichen Energieverteilung zwischen Oszillatoren, freien Elektronen und Wärmestrahlung sich vermöge der in § 2 eingeführten Hypothesen eine Zustandsänderung in

dem Sinne wachsender Gesamtentropie vollzieht, und daß dem Maximum der Gesamtentropie der thermodynamische Gleichgewichtszustand entspricht. Wenn ein solcher Beweis auch, wenigstens für den allgemeinen Fall, einigermaßen umständlich sein dürfte, so vermute ich doch, daß er keine prinzipiellen Schwierigkeiten bieten würde, und daß er sich auf analoge Weise führen ließe wie früher[1] für ein nach einfacheren Gesetzen funktionierendes Oszillatorensystem.

[1] A. a. O. Fünfter Abschnitt.

Ausgegeben am 10. April.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



1913.
XIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

10. April. Gesammtsitzung.

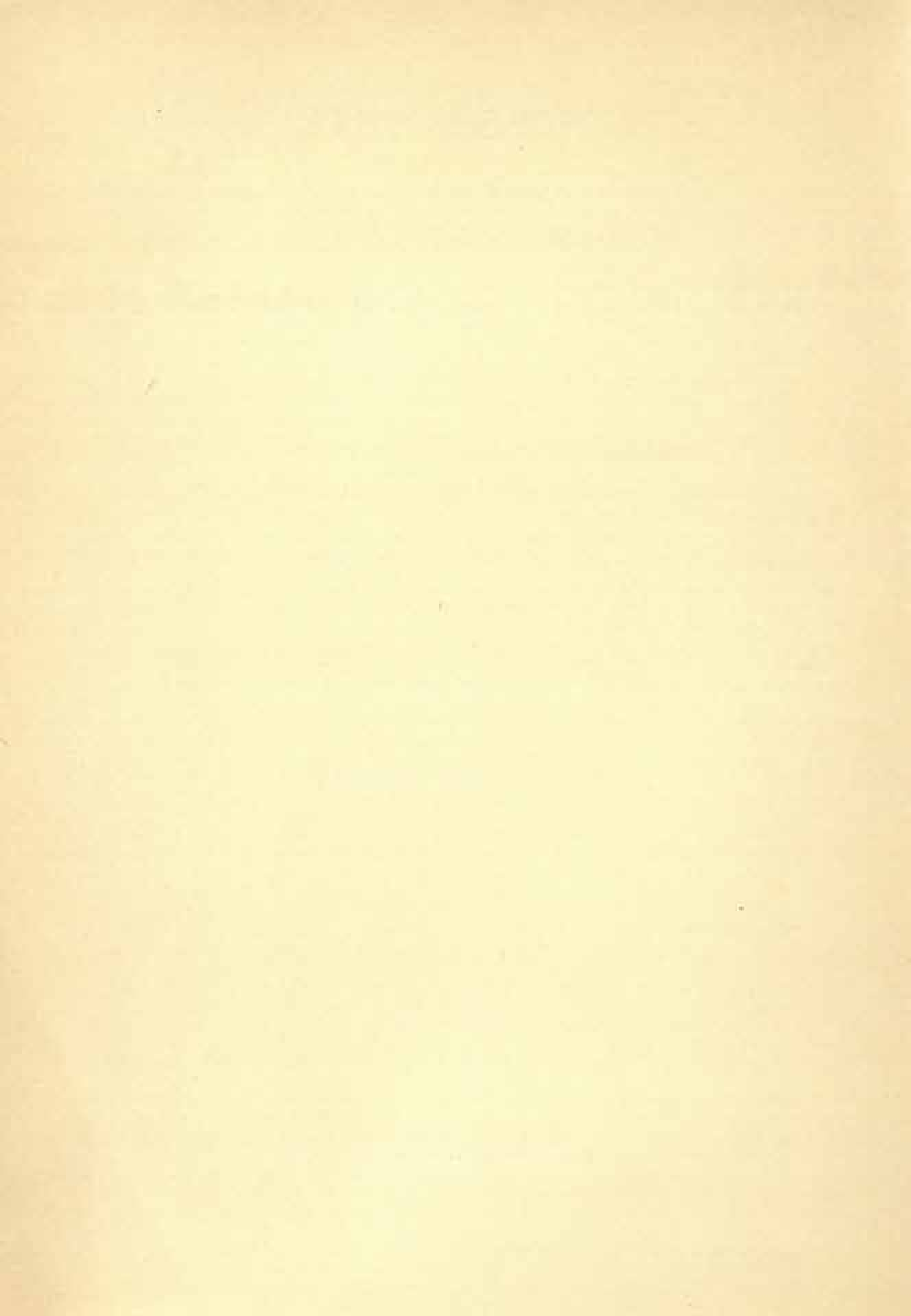
Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

*1. Hr. Dressel las: Über Medaillons aus der römischen Kaiserzeit.

Es wurden sechs im Königl. Münzcabinet befindliche Medaillons im Projectionsbild vorgeführt und erklärt, deren Typen theils auf antike Wandgemälde und Reliefbilder zurückgehen, theils auf den Triumph und den damit verwandten *processus consularis* sich beziehen, theils die Darstellungsform veranschaulichen, die im Alterthum bei der Wiedergabe von Stadtansichten üblich war.

2. Vorgelegt wurde von dem akademischen Unternehmen der Kant-Ausgabe der 15. Band (Handschriftlicher Nachlass. Bd. 2). Berlin 1913.

Ausgegeben am 24. April.



1913.

XX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

17. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. Waldeyer las: Das Skelet eines Scheinzwitters.

Das wohlgebaute Skelet zeigt im Ganzen einen weiblichen Charakter, aber auch einzelne Theile, die an einen männlichen Typus erinnern. Es finden sich zwei Abweichungen vom Normalen, eine Coalescenz zwischen zweitem und drittem Halswirbel und ein überzähliger Lendenwirbel.

2. Hr. Rubens legte eine Untersuchung der HH. Prof. Dr. J. Stark, R. Künzer und G. Wendt in Aachen vor über ein-, zwei- und dreiwerthige Linien des Aluminiums in den Canalstrahlen. (Ersch. später.)

Es wurde festgestellt, dass Aluminium in den Canalstrahlen ein-, zwei- und dreiwerthige positive Atomionen zu bilden vermag, und dass die zuletzt genannten Ionen insbesondere bei einem Kathodengefälle von mehr als 8000 Volt in die Erscheinung treten. Ferner wurde beobachtet, dass die ein-, zwei- und dreiwerthigen Aluminiumionen Träger verschiedener Linienspectra sind.

Das Skelet eines Scheinzwitters.

Von W. Waldeyer.

Im Berliner Forensischen Institute kam vor einiger Zeit die Leiche eines Pseudohermaphroditen zur legalen Obduktion, da ein plötzlicher Todesfall vorlag, dessen Aufklärung nötig erschien. Die Leiche wurde nach Vornahme der Legalobduktion dem Anatomischen Institute überwiesen. Ich ließ sie skeletieren, da noch kaum eingehendere Untersuchungen über die Skelete von Hermaphroditen vorhanden sind. Das Skelet zeigt verschiedene Befunde, die einer kurzen Darstellung wert erscheinen, wie ich sie im nachfolgenden gebe.

Vorher sei einiges über den Fall im allgemeinen und das Ergebnis der Obduktion bemerkt[1]: Die betreffende Person war im September 1869 in der preußischen Provinz Schlesien geboren; sie starb im Februar 1911, hat somit ein Alter von etwas über 41 Jahren erreicht. Während ihres Lebens galt sie als Weib, war auch als solches mit einem Frauennamen benannt und ernährte sich als Aufwärterin. Wenn auch klein und zierlich von Körper, hatte sie doch in der Kopfbildung und durch Bartwuchs einen männlichen Habitus, welcher sich auch an den äußeren Geschlechtsteilen durch das stark vergrößerte Geschlechtsglied kundgab. Dasselbe war aber an der Eichel undurchbohrt und von Hautfalten weiblicher Form umgeben.

Die von Hrn. Dr. med. P. Fraenckel, Privatdozenten an der Berliner Universität und Assistenten an der Universitäts-Unterrichtsanstalt für Staatsarzneikunde, ausgeführte Obduktion ergab verkümmerte innere Genitalien weiblicher Bildung; es war von den Geschlechtsdrüsen nur eine, die linke, aufzufinden, die sich als ein atrophisches Ovarium erwies. Man konnte dies an einzelnen rudimentären Follikeln, an Corpora albicantia und an der Anordnung der Blutgefäße im Innern des Organs erkennen. Dr. Fraenckel stellte mir die von ihm

[1] Ich verdanke diese Angaben der Mitteilung des Hrn. Direktors des Forensischen Universitätsinstituts, Geheimen Medizinalrats Professors Dr. Straszmann, in der Vierteljahrsschrift für gerichtliches und öffentliches Sanitätswesen, dritte Folge, XLIII. Bd., II. Supplementheft, S. 58, 1912 und mündlichen Berichten des Hrn. Privatdozenten Dr. Strauch, Gerichtsarztes für den Stadtbezirk Berlin.

präparierten Geschlechtsorgane und seine mikroskopischen Schnitte von dem als Ovarium angesprochenen Körper zur Verfügung. Wir haben es hier offenbar mit einem der verhältnismäßig häufigen Fälle einer Zwitterbildung zu tun, die man als äußere weibliche Scheinzwitterbildung, *Pseudohermaphroditismus femininus externus*, nach dem Vorschlage von Klebs[1] bezeichnet. Nach Benda[2] würde der Fall unter der von ihm aufgestellten Rubrik »*Pseudarrhenie*« aufzuführen sein. Am einfachsten ist wohl die Bezeichnung von Orth[3]: »Mißbildungen mit Verwischung des Geschlechtscharakters«.

Das Skelet, welches vom Präparator der Anatomischen Anstalt Hrn. Seifert sehr gut hergestellt war, läßt folgende Gesamtmaße nehmen:

Ganze Länge des Skeletes vom Scheitel bis zur Fußsohle	147.0 cm,
Länge der oberen Extremität vom Akromion bis zur Spitze des Mittelfingers	65.0 »
Länge der unteren Extremität von der Spitze des Trochanter major bis zur Fußsohle	74.5 »
Länge des Rumpfes vom oberen Rande des Brustbeines bis zum unteren Rande der Symphyse	50.0 »
Schulterbreite vom äußeren Rande eines Akromion zum anderen	32.0 »
Breite zwischen beiden Trochanteren	27.5 »

Der Schädel hat nachstehende Dimensionen:

1. Glabella-Inion	16.2 cm,
2. Größte Breite	13.5 »
3. Pterionbreite	11.0 »
4. Breite zwischen beiden Suturae frontozygomaticae	9.5 »
5. Größte Jochbreite	10.2 »
6. Ohrhöhe	11.0 »
7. Größte Breite der Orbita	4.0 »
8. Größte Höhe der Orbita	3.6 »
9. Höhe der Apertura piriformis	3.5 »
10. Größte Breite der Apertura piriformis	2.4 ».

[1] Klebs, E., Handbuch der pathologischen Anatomie. Bd. II, S. 723, 1876.

[2] Benda, K., Bericht über Hermaphroditismus in »Ergebnisse der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie« von Lubarsch und Ostertag, Jahrg. II, 1897.

[3] Orth, J., Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie, Bd. II, Abt. 1, S. 258, 1893.

Im allgemeinen macht der Schädel den Eindruck eines weiblichen, wie das sich aus den geringen Maßen, die zum Teil noch etwas unter den Durchschnittsmaßen eines Weiberschädels stehen, und aus den meist dünnen und zart gebauten Knochen ergibt. Das Gesicht ist schmal, die Kieferknochen und die Ansatzmarken der Kaumuskeln sind im ganzen klein bzw. wenig vortretend. Die Zähne sind klein und defekt. Merkwürdig ist der Unterschied zwischen dem Schädeldach, d. h. der sogenannten Kalotte, welche die Hinterhauptsschuppe, die Schläfenschuppe zum kleineren Teile, die beiden Scheitelbeine und die Schuppe des Stirnbeines nebst einem Teile der großen Keilbeinflügel umfaßt. Dieser Kalottenteil ist fest gebaut, nicht gerade dick — an der Hinterhauptsschuppe 5 mm, am Scheitelbein 3 mm, am Stirnbein 5—6 mm —, hat aber verhältnismäßig wenig Diploe, und macht, in der Hand geschätzt, den Eindruck eines etwas schweren Gewichtes, während der übrige Schädelteil, der die Basis und das Gesicht umfaßt, als der verhältnismäßig leichtere Teil empfunden wird und an den meisten Stellen vollkommen durchsichtig ist. Irgendwelche Abweichungen sind an dem Schädel nicht zu bemerken. Er ist auch völlig symmetrisch gestaltet. Allenfalls kann hervorgehoben werden, daß die Crista galli dünn, fast wie eine Messerklinge, erscheint, und daß die Hypophysengrube sowie der Clivus flach sind. Das Gesamtgewicht des mazerierten knöchernen Schädels beträgt 597 g, davon beträgt das Gewicht der an Umfang in toto viel kleineren Kalotte 276 g, das des übrigen Schädelteiles 321 g. Ich bemerke, daß nach W. Krause — s. bei Vierordt »Daten und Tabellen, III. Aufl. 1906, S. 60 — das Mittelgewicht eines knöchernen Männerschädels sich auf 731 g, das eines Weiberschädels auf 555 g beläuft.

Wirbelsäule.

Das Skelet zählt 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel und 6 wohlausgebildete Lendenwirbel. Alle Wirbel sind entsprechend der geringen Skeletgröße überhaupt klein, am Atlas fällt die geringe Ausbildung der Querfortsätze auf, auch fehlt ein Tuberculum posterius.

Das merkwürdigste ist eine Verwachsung des 3. mit dem 2. Halswirbel. Die Körper beider verwachsenen Wirbel sind noch zu unterscheiden, wenngleich die Verwachsung eine vollkommene ist. Der Bogen des 3. Wirbels mit seinem Dornfortsatze ist aber fast ganz in den des 2. Bogens und den 2. Dornfortsatz aufgegangen, so daß man namentlich den Dornfortsatz III kaum unterscheiden kann. Die Gabelung des gemeinsamen Dornfortsatzes II und III ist nur eine geringe. Ganz auffallend sticht davon ab die sehr große, weite Gabelung des IV. und V. Dornfortsatzes, während der VI. wieder eine schmale, un-

bedeutende Gabelung aufweist. Der IV. und V. Dorn heben sich dadurch von den übrigen Dornen bedeutend ab. Der VII. Dorn ist wie gewöhnlich beschaffen, er erscheint deutlich prominierend ohne Gabelung.

Die vordere Spange des Foramen transversarium des verschmolzenen III. Halswirbels ist sehr dünn. Die vorderen Spangen der folgenden Wirbel sind verhältnismäßig kräftig entwickelt. Deutlich hebt sich auch die vordere Spange am VI. Halswirbel, das Tuberculum caroticum, ab. Die hinteren Spangen der Foramina transversaria I—VI sind klein, die des VII. Halswirbels erscheint unvermittelt sehr stark, wogegen die vordere Spange dieses Wirbels sehr zart ist.

Die 12 Brustwirbel zeigen keine Besonderheiten; vielleicht darf der starke Querfortsatz des 1. Brustwirbels hervorgehoben werden, sowie, daß der 12. Brustwirbel die verschiedene Stellung seiner oberen und unteren Gelenkfortsätze deutlich zeigt. An den 6 Lendenwirbeln, die sämtlich wohlausgebildet sind, fällt auf, daß die Querfortsätze relativ klein erscheinen.

Die Form des Brustkorbes ist eine normale, im ganzen rundliche. Die Rippen sind alle sehr regelmäßig gebildet, schlank und zart. Die 12. Rippe ist relativ sehr groß, 13 cm lang. An den Rippenknorpeln einige Verkalkungen.

Brustbein.

Das Brustbein ist klein und zart gebildet, seine Länge vom oberen Rande bis zum Beginn des Schwertfortsatzes beträgt 13 cm. Das Manubrium ist oben zwischen den beiden Schlüsselbeingelenken verhältnismäßig breit, 5.7 cm, verjüngt sich aber dann sehr rasch an der Ansatzstelle der 2. Rippe auf 1.6 cm. Die größte Breite des Körpers findet sich am Ansatze des 4. Rippenknorpels, beträgt aber nur 2.7 cm. Der Schwertfortsatz ist verhältnismäßig sehr groß und läuft in eine weite Gabel mit zwei langen schmalen Zinken aus. Die Gabelöffnung ist so weit, daß sie bequem den Daumen eines Erwachsenen aufnehmen kann. An das Brustbein befestigen sich wie gewöhnlich 7 Rippenpaare. Das 7. Paar rückt aber bei der Kürze des Korpus zum Teil auf die vordere Fläche des Schwertfortsatzes, wo sich beide Rippen unmittelbar berühren.

Becken.

Das Becken ist in seinen Dimensionen der Körpergröße entsprechend, also im ganzen als klein zu bezeichnen und hat in einzelnen Stücken mehr den Charakter eines männlichen als den eines weiblichen Beckens. Wenigstens stehen die Darmbeinschaufeln ziem-

lich steil, und der Schambogen ist mehr ein Angulus als ein Arcus; das Kreuzbein zeigt nur eine geringe Krümmung.

Es beträgt:

die Distantia spinarum	21.00 cm,
» » cristarum	22.50 »
» Conjugata vera	9.75 »
» » diagonalis	10.50 »
der quere Eingangsdurchmesser .	11.04 »
» schräge » .	10.60 »
die Distantia spinarum isch. . .	9.30 »
» Distantia tuberum	9.00 ».

Die Foramina obturatoria haben eine längliche Form. Die Foramina sacralia anteriora sind weit. Es sind 4 Steißwirbel vorhanden, von denen die beiden letzten verwachsen sind.

Der von Topinard aufgestellte Höhenbreitenindex des Beckens (Indice général du bassin) beträgt nur 115, steht also weit unter dem der Europäerinnen (136,9) und nähert sich mehr dem Index des europäischen Männerbeckens. Dagegen erweist sich der von Zaaijer bestimmte Beckeneingangsindex (I. ad.) mit seiner Ziffer 88 als platypelisch, d. h. mehr dem weiblichen Beckentypus entsprechend. — Alles zusammengenommen hat das Becken mehr männliche als weibliche Charaktere. Man kann keineswegs die geringen Beckenmaße allein auf die Kleinheit des Skeletes überhaupt zurückführen, denn bei normalgeschlechtlichen Weibern sind weit höhere Beckenmaße vorhanden, auch wenn sie keine bedeutendere Körperlänge haben, als dieser Hermaphrodit.

Extremitäten.

Beide Extremitäten sind ungemein zierlich und gut gebaut, namentlich die Hände und Füße, so daß hier mehr der weibliche Habitus hervortritt.

Obere Extremität. Das Schlüsselbein ist wenig gekrümmt und mißt nur 12.5 cm in der Länge. Es hat eine mehr zylindrische Form, da die Verbreiterung und Abplattung des akromialen Endes unbedeutend ist. Die Muskel- und Bändermarken sind kaum zu erkennen.

Beide Schulterblätter sind sehr klein.

An der rechten oberen Extremität finden wir folgende Maße:

Länge des Oberarmbeines	28.0 cm,
Länge der Ulna von der Spitze des Olekranon bis zur Spitze des Processus styloideus	22.0 »

Länge des Radius bis zur Spitze des Processus styloideus	19.5 cm,
Länge des Humeruskopfes vom vorspringendsten Punkte des Tuberculum majus bis zur Mitte des Kopfumfanges	4.0 »
Dicke des Humerus in seiner Mitte	1.6 »
Breite zwischen beiden Epikondylen	4.6 ».

Die Crista tuberculi majoris ist deutlich ausgeprägt, ebenso die Tuberositas humeri. Die Fossula radialis ist verhältnismäßig sehr tief. Der Epicondylus lateralis zeigt eine kleine nach abwärts gebogene Spitze. Dasselbe findet sich am linken Humerus. Die Dicke der Ulna sowie die Dicke des Radius beträgt in der Mitte je 1.3 cm. Eine deutliche Tuberositas ulnae ist nicht vorhanden. Die Tuberositas radii ist vertieft.

Hand. Die Handknochen zeigen sich besonders zierlich und regelmäßig geformt. Hervorgehoben zu werden verdient, daß sämtliche Endphalangen, aber auch die übrigen sehr fein und regelmäßig gebildet sind. Ich stelle hier in einer Tabelle die Maße einiger Handknochen des in Rede stehenden Skelets zusammen mit denen der rechten Hand eines 18 jährigen sonst normalen Weibes, welches anstatt der 12. Rippe nur ein kurzes Rudiment einer solchen besaß und dessen 5. Lendenwirbel ein unilateraler lumbosacraler Übergangswirbel war, ferner mit denen der rechten Hand eines 22 jährigen Mannes, dessen Wirbelsäule gleichfalls 6 Lendenwirbel (der 6. ein unilateraler lumbosacraler Übergangswirbel) zeigte.

	Hermaphrodit	18 jähr. Weib	22 jähr. Mann
Os metacarpale III	5.3	6.6	6.8 cm,
Phalanx I, ossis metac. III	3.6	4.7	4.9 »
» II, » » III	2.3	3.2	3.4 »
» III, » » III	1.5	1.8	2.3 ».

Pollex.

Os metacarpale	3.6	4.2 cm,
Phalanx I	2.0	3.0 »
» II	2.1	2.3 ».

Sehr viel größer sind die Unterschiede in der Länge des Oberarmes und der beiden Vorderarmknochen. Beim 18 jährigen Weibe ist die Länge des Humerus 32 cm, die der Ulna 25.5, die des Radius 23.5. Auch die Dicke des Kopfes und die Epikondylusbreite sind erheblich größer. Beim Manne von 22 Jahren beträgt die größte Humeruslänge

35 cm, die der Ulna 28.5, die des Radius 27. Auch das Kopfmaß und die Epikondylusbreite sind entsprechend größer. Bemerkenswert ist für den Hermaphroditen noch die verhältnismäßig bedeutende Größe des Erbsenbeines.

Untere Extremität. Die untere Extremität zeigt dieselben Charaktere der schlanken, zierlichen Formen, namentlich am Fuß, wie die obere. Ich gebe auch hier die hauptsächlichsten Maße der rechten Unterextremität in Zusammenstellung mit denen des vorhin genannten 18jährigen Weibes und des 22jährigen Mannes.

	Hermaphrodit	18jähr. Weib	22jähr. Mann
Länge des Os femoris vom höchsten Punkte des Trochanter major bis zum untersten Punkte der Mitte zwischen beiden Kondylen	35.0	44.5	48.0 cm,
Vom höchsten Punkte des Kopfes bis zur Mitte der Linea intertrochanterica	5.7	6.7	7.5 »
Von der Knorpelgrenze bis zur Mitte der Linea intertrochanterica (Halslänge)	3.6	4.1	5.0 »
Größte Dicke des Femurkopfes, von oben nach unten gemessen .	3.6	4.2	4.8 »
Halsdicke, von oben nach unten gemessen	2.7	3.2	4.3 »
Abstand beider Trochanteren zwischen ihren äußersten Punkten	6.6	7.8	8.0 »
Diaphysendicke in der Mitte des Os femoris	2.5	2.8	3.2 »
Epikondylusbreite	7.2	8.0	8.5 »
Länge der Tibia längs der medialen Seite samt dem Malleolus gemessen	30.5	36.8	42.5 »
Obere Kondylenbreite	6.3	7.1	7.6 »
Dicke der Tibia von vorn nach hinten in der Mitte ihrer Länge	2.4	2.6	3.0 »
Länge der Fibula	29.6	36.4	41.0 »
Dicke derselben von vorn nach hinten in ihrer Mitte . . .	1.3	1.3	1.7 »
Größte Länge des Fußes vom hinteren Calcaneusende bis zur Spitze der 2. Zehe	18.5	24.0	24.0 »

	Hermaphrodit	18jähr. Weib	22jähr. Mann
Os metatarsi II, Länge	6.2	7.7	7.6 cm,
Phalanx digiti sec. I	2.0	3.0	3.0 »
» » » II	0.7	1.8	1.2 »
» » » III	0.7	0.4	1.2 »
Große Zehe, os metatarsale . .	4.3	6.4	5.8 »
Phalanx I	2.5	3.8	2.8 »
» II	1.8	2.4	2.5 »

Das allgemeine Ergebnis der Untersuchung des Skeletes kann im folgenden zusammengefaßt werden: Es handelt sich um ein kleines, aber sehr grazil und fein gebautes Knochengerüst, das in seinem Äußeren verschiedene Geschlechtscharaktere zeigt. Der Schädel ist verhältnismäßig groß, aber von mehr weiblichem Gepräge; die Schulterbreite ist mehr männlich, die Hüftbreite mehr weiblich. Die Arme und Beine sind kurz, besonders zierlich geformt und von weiblichem Habitus. Die Beckenverhältnisse gleichen, wie bemerkt, in der Form des Arcus pubis, in der Stellung der Darmbeinschaufeln und in der Gestalt des Foramen obturatum mehr dem männlichen Habitus. Das Kreuzbein ist weiblich geformt. Die Maße entsprechen mehr denen eines männlichen Beckens, während die platypelische Form des Eingangs mehr auf das Weib weist. Siehe das vorhin bei der Beschreibung des Beckens Bemerkte.

Die Form des Thorax zeigt mehr den weiblichen Charakter, ebenso die Kleinheit des Schulterblattes.

Von besonderem Interesse sind nun die an der Wirbelsäule beobachteten Veränderungen, d. i. die Verschmelzung des zweiten Halswirbels mit dem dritten und die 6 Lendenwirbel. Man kann vielleicht sagen, daß hierin der Ausdruck eines allgemeinen Verhältnisses liege, welches besagt, daß bei einer tiefer eingreifenden Störung eines der großen Apparate des Körpers auch Störungen in anderen Organen und Systemen sich auszubilden pflegen. Insbesondere darf man das erwarten bei Störungen in der Ausbildung des Geschlechtsapparates, mit dem ja eine so entschiedene Differenzierung des Gesamtkörpers verbunden ist. Mit Rücksicht hierauf wäre eine eingehendere Untersuchung der Skelete von Hermaphroditen erwünscht. Es fehlt bisher noch sehr an solchen genaueren Untersuchungen. Vereinzelte Bemerkungen, namentlich über das Verhalten des Schädels und der Beckenknochen sind in der Literatur vertreten. Ich will im folgenden noch die Hauptdaten aus der vorhandenen Literatur, soweit ich sie durchgesehen habe, hinzufügen und den Befunden noch einige allgemeinere Folgerungen entnehmen.

Crecchio[1] beschreibt sehr genau einen 45jährigen Scheinzwitter, der als Mann angesehen wurde und dessen Körperlänge 150 cm betrug. Er sei grazil gebaut gewesen, die Beine zierlich und gerundet, die Schultern breit.

Distantia spinarum	. . .	22,0 cm,
Diameter transversa	. . .	9,5 »
» obliqua	. . . .	10,8 ».

Der Fall hat im äußeren Aussehen und auch sonst im Verhalten große Ähnlichkeit mit dem hier beschriebenen. Es wurden zwei Ovarien gefunden; in einem wurde durch Schrön ein Follikel mit einem Ei darin nachgewiesen.

Bei dem in der Literatur berühmt gewordenen Falle der Katharina Hohmann[2] fand sich eine Distantia spinarum von 23 cm und eine Distantia cristarum von 27 cm; Maße, welche im Verhältnis zur Körpergröße der betreffenden Person gering zu nennen sind.

Aus dem sehr eingehend von Litten und R. Virchow beschriebenen Falle[3] entnehme ich, daß es sich um eine Person von 146 cm Körpergröße handelte, bei der der Rumpf vom oberen Ende des Brustbeines bis zur Symphyse 50 cm maß, während das Brustbein in ganzer Länge mit Schwertfortsatz 16.5 cm hatte. Die ganze Armlänge belief sich auf 62.3 cm, der Radius maß 22 cm und die Handlänge vom Radiocarpalgelenk bis zur Spitze des Mittelfingers betrug 16.5 cm. Die Beinlänge war 75.5 cm und die Fibula maß 33 cm. Wir haben hier Maße, die den Skeletmaßen des hier beschriebenen Scheinzwitters fast aufs Haar gleichen.

1887 beschrieb Stein[4] einen Fall von Pseudohermaphroditismus bei einem 43jährigen Individuum, welches 163 cm lang war. Hier soll der Knochenbau sehr kräftig gewesen sein. Die Person hatte aber als Weib gegolten. Der Thorax sei kurz gewesen und es habe eine mäßige Skoliose nach links hin bestanden. Der Längsdurchmesser

des Kopfes war	. . . .	18 cm,
der bitemporale Durchmesser	. . .	133 »
die Distantia spinarum	. . . . .	27 »
» » cristarum	. . . . .	30 ».

[1] Crecchio, Luigi di, Sopra un caso di apparenze virili in una donna. Il Morgagni, 1865.

[2] Siehe Bernhard Schultze, Virchows Archiv, 43. Bd. 1868, S. 329.

[3] Litten und R. Virchow, ein Fall von Androgynie mit malignem teratoidem Kystom des rechten Eierstockes und doppelseitiger Hydrocele cystica processus vaginalis peritonaei. Virchows Archiv 1879, S. 329, Bd. 75.

[4] Sigismund Stein, Ein Fall von Hermaphroditenbildung. Diss. inaug. Breslau 1887.

Einen andern Fall, in welchem Skeletmaße mitgeteilt sind, hat SCHMORL[1] beschrieben. Es wird folgendes angegeben:

Körperlänge	150.0 cm,
Distantia spinarum	25.5 »
» cristarum	27.0 »
Conjugata vera	11.3 »
Diameter transversa . . .	12.0 »
» obliqua (beiderseits)	11.7 ».

»Hände und Füße waren auffallend klein und sehr grazil« gebaut.

Sehr eingehend hat OBOLENSKY[2] zwei Fälle beschrieben, bei deren einem es sich um einen Hermaphroditismus verus, bei dem andern um Hermaphroditismus spurius handelte. Der Darstellung des letzteren Falles entnehme ich folgende Daten, die sich auf das Skelet beziehen: es handelt sich um ein 50jähriges Individuum, welches als Weib gegolten hatte. Das Skelet wird als schwach mit dünnen Knochen und geringer Entwicklung der Muskelmarken geschildert. Es sei von weiblichem Habitus gewesen. Der Schädel hatte

eine Länge von	17.5 cm,
» größte Breite von	14.5 »
» Ohrhöhe von	11.5 »
die Jochbreite betrug	12.7 »
» größte Orbitalbreite	4.1 »
» » Orbitalhöhe	3.3 »
» » Breite der Nasenöffnung . .	2.7 ».

Der Schädel zeigte viel dünne Stellen, namentlich am großen Keilbeinflügel, an der Schuppe der Schläfenbeine, am Augenhöhlendache und am Oberkiefer. Der Thorax war kurz und weit mit breitem Sternum. Das Becken habe weiblichen Habitus gehabt:

Conjugata vera	10.0 cm,
Diameter transversa	13.1 »
Conjugata diagonalis	12.5 »
Diameter obliqua	13.0 »
Distantia spinarum isch.	13.0 »
» tuberum	11.0 »
» cristarum ilei	27.0 ».

[1] SCHMORL, Ein Fall von Hermaphroditismus, VIRCHOWS Archiv 1888, Bd 113, S. 229.

[2] OBOLENSKY, Beiträge zur pathologischen Anatomie des Hermaphroditismus hominis. Prager Zeitschrift für Heilkunde, Bd. 9, 1888.

Darmbeinschaufeln wenig steil. Es fanden sich auch verschiedene pathologische Veränderungen am Knochensystem. Es fehlten u. a. die Phalangen der rechten kleinen Zehe; die Gelenkfläche des Os metacarpale V war defekt. Es bestand ein Pes valgus sinister mit Synostosis zwischen Talus, Calcaneus und Naviculare.

Meszner[1] hat den Fall eines 31jährigen als Mann angesehenen Individuums von 160 cm Körpergröße behandelt, der von grazilem Bau war. Die Hände und Füße werden als klein und zierlich beschrieben. Die Distantia spinarum betrug 25 cm, die Distantia cristarum 28.5 cm.

Einen weiteren Fall, und zwar von Hermaphroditismus verus, berichtet Simon[2]. Es handelte sich um eine Person von 158 cm Körperlänge. Der Kopf hatte einen biparietalen Durchmesser von 19 cm, die Distantia spinarum betrug 29 cm, die Distantia cristarum 34 cm. Das Becken sei breit und flach gewesen. Der Körper wird als grazil und abgerundet geschildert mit weiblichem Habitus, namentlich an Bauch und Becken. Schulter und Brust seien mehr männlich geformt gewesen, es hätten aber wohl entwickelte Mammae bestanden.

Zwei sehr bemerkenswerte Fälle finden wir bei Fibiger[3]. Der erste Fall betraf eine 58jährige sehr zart gebaute Person von 163 cm Körperlänge. Der ganze Körpereindruck mehr männlich, das Becken erschien aber etwas breit, die Extremitäten von mehr weiblichem Habitus. Im zweiten Falle wird ein Mann von 151 cm Länge beschrieben, dessen Arme kurz und voll gewesen sein sollen, bei dünnen Schenkeln. Von Beckenmaßen fanden sich

Distantia cristarum . . .	25.5 cm,
» spinarum . . .	22.5 »
Conjugata vera	10.0 »
» diagonalis . . .	12.2 »
Diameter transversa . . .	12.5 »
» obliqua	13.0 »
Distantia tuberum	8.0 ».

Endlich erwähne ich noch einen jüngst beschriebenen Fall von Valenti[4], in welchem eine Angabe über das Becken sich findet. Das-

[1] Meszner, ein neuer Fall von Hermaphroditismus verus unilateralis, Virchows Archiv, Bd. 129, S. 203, 1892.

[2] Simon, Hermaphroditismus verus, Virchows Archiv, Bd. 172, S. 1, 1903.

[3] Fibiger, Beiträge zur Kenntnis des weiblichen Scheinzwittertums, Virchows Archiv, Bd. 181, S. 1, 1905.

[4] Valenti, Sopra un caso di pseudo-ermafroditismo femminile Klebs. Monitore zool. XXIII, anno 1912, S. 240.

selbe habe einen weiblichen Habitus, aber mit einer Conjugata vera von nur 8.10 cm gehabt.

Außer diesen zumeist in leicht zugänglichen Zeitschriften mitgeteilten Fällen erwähne ich noch 2 Dissertationen, die von Jacoby[1] und Gunckel[2]. Jacoby beschreibt den Fall von einer 22 jährigen Person, die als Weib geführt worden war; sie war jüdischer Herkunft. Die Körperlänge betrug 134 cm. Der Knochenbau soll kurz und plump gewesen sein. Es bestanden aber rachitische Störungen im Knochensystem.

Distantia cristarum	23.5 cm,
» spinarum	22.0 »
Conjugata diagonalis	15.5 »
Distantia trochanterum . . .	27.5 »
Armlänge	58.5 »
Beinlänge	80.0 ».

In dem Falle von Gunckel, bei dem Marchand die Obduktion ausgeführt hat, bestand eine Skoliosis lumbalis und infolge dieser ein schiefes Becken. Der Arcus pubis war spitz wie beim männlichen Becken, der ganze Habitus des Körpers männlich.

F. von Neugebauer[3] führt unter den neben dem Hermaphroditismus vorhandenen Abnormitäten als am Knochensystem beobachtet folgende auf: Polydaktylie, Pes varus in mehreren Fällen, Syndaktylie, Fehlen von Radius und Ulna, Gaumenspalte, Akephalie, Akranie, Hemikephalie, Spina bifida, Spaltbecken und Akromegalie.

Unter diesen sind aber eine Reihe von Fällen mit schweren allgemeinen Mißbildungen, die also kaum hier in Betracht kämen.

Überblicken wir die aus der Literatur mitgeteilten Daten, so möchte ich folgendes als häufig sich wiederholenden Befund, der auch in dem hier beschriebenen neuen Falle vorhanden ist, hervorheben: Es handelt sich in all den Fällen um nur eine geringe Körpergröße. In zwei Fällen stieg diese bis 163 cm, eine Körperlänge, die aber nur als knapp mittelgroß bezeichnet werden kann. Die meisten der beschriebenen Personen waren entschieden klein. Ferner fällt auf, daß bei fast allen der Körperbau und der Zustand der Knochen als ein schlanker, feiner bezeichnet wird; mehreremal wird dies beson-

[1] Jacoby, 2 Fälle von Hermaphroditenbildung. Diss. ing. Berlin 1885.

[2] Gunckel, H. Über einen Fall von Pseudo-Hermaphroditismus femininus. Diss. ing. Marburg 1887.

[3] F. von Neugebauer, Hermaphroditismus beim Menschen. Leipzig, Klinkhardt 1908.

ders betont. Beim Schädel wird einmal auch die Verdünnung hervorgehoben, wie sie bei unserm Hermaphroditen fast genau an denselben Stellen besteht. — Die Extremitäten namentlich werden als besonders grazil geschildert, wie das auch bei dem hier beschriebenen Falle zutrifft. Die Beckenmaße ergeben sich in weitaus den meisten Fällen als geringe, wenn man die absoluten Zahlenwerte nimmt, erscheinen jedoch weniger unbedeutend, wenn man die geringe Körpergröße im ganzen in Betracht zieht. In mehreren Fällen bestanden auch, wie in dem unsrigen, pathologische Veränderungen, Abnormitäten und Variationen an den Knochen. Den einmal mitgeteilten Defekt an einer Zehe möchte ich nicht hierher rechnen, da derselbe auch durch äußere Einwirkungen veranlaßt sein kann. Immerhin ist es bemerkenswert, daß unter der Zahl derjenigen Fälle, wo vom Skelet Mitteilungen gemacht werden, doch ziemlich häufig pathologische und andere Veränderungen erwähnt sind. Höchstwahrscheinlich werden sich öfters solche Befunde herausstellen, wenn man genauer auf die Verhältnisse der Zwitterskelete achtet.

Es sei noch bemerkt, daß an den Wirbelkörpern des hier neu beschriebenen Skeletes mehrfache Osteophytbildungen vorhanden waren. Hr. K. von Bardeleben, der Gelegenheit hatte, das Skelet zu besichtigen, machte mich auf das Bestehen eines doppelten Foramen infraorbitale linkerseits, auf die deutlich vorhandene Spur einer Jochbeinteilung beiderseits, sowie darauf aufmerksam, daß man am Unterkiefer die von ihm hervorgehobenen Abschnitte erkennen könne.

Obwohl nicht streng hierher gehörig, möchte ich doch noch darauf hinweisen, daß auch in unserem Falle eine auffallende Vergrößerung beider Nebennieren bestanden hat. Dieser Befund wird fast von allen bisher beobachteten Fällen erwähnt.

Den HH. Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Straszmann, Gerichtsarzt Privatdozenten Dr. Strauch und Privatdozenten Dr. P. Fraenckel danke ich für die mir gegebenen Mitteilungen und bemerke, daß von Hrn. Dr. Fraenckel eine genaue Beschreibung der wichtigeren übrigen Befunde in Aussicht genommen ist.

Ausgegeben am 24. April.

1913.
XXI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

17. April. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

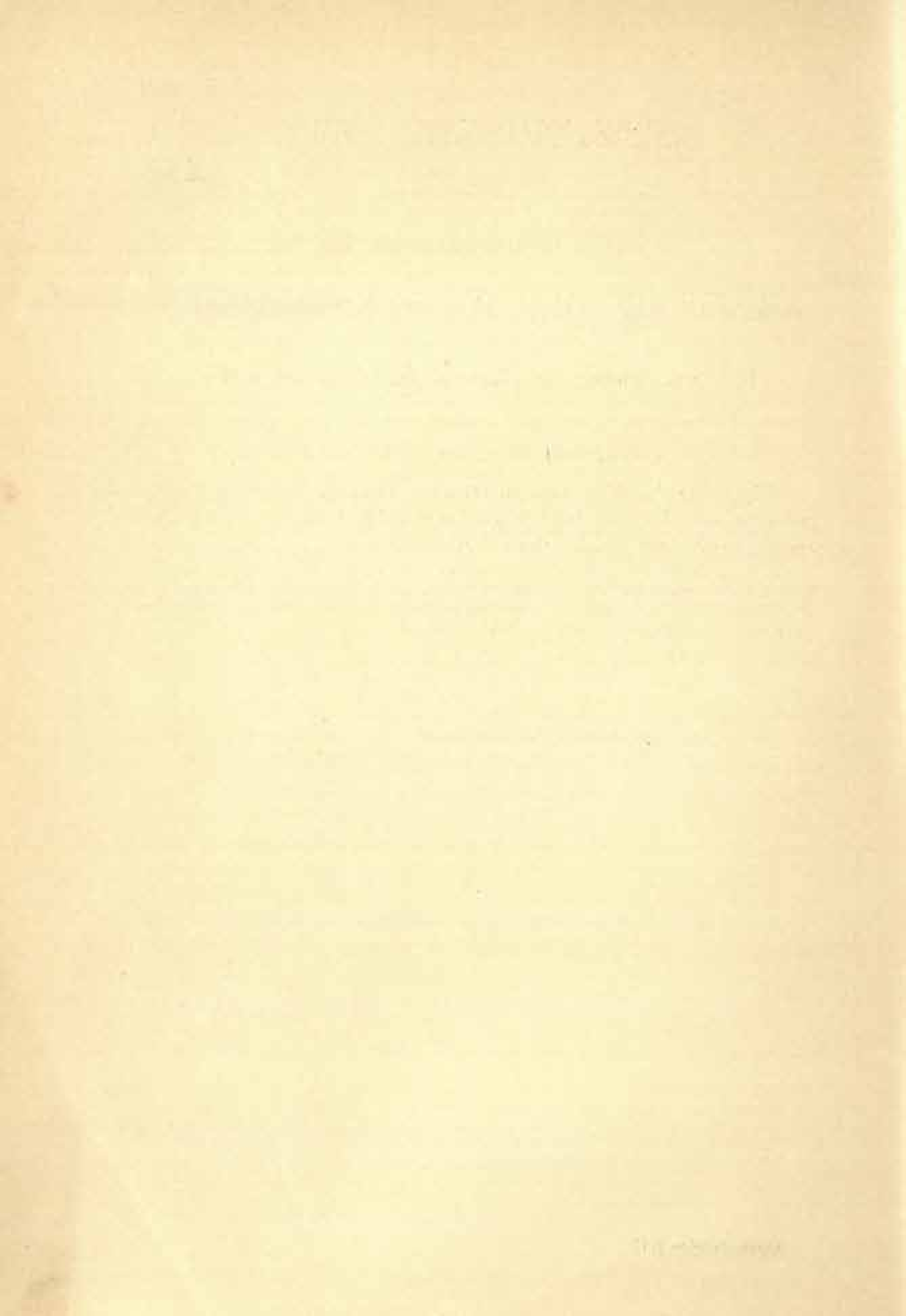
Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

*Hr. Koser las über das politische System und die Regierungsweise des Grossen Kurfürsten in dem Friedensjahrzehnt nach dem nordischen Kriege.

Die Leitsätze des Politischen Testaments von 1667 wurden mit den in »Urkunden und Actenstücken zur Geschichte des Kurfürsten Friedrich Wilhelm« und den »Protokollen und Relationen des brandenburgischen Geheimen Raths« enthaltenen Zeugnissen zusammengestellt und aus ihnen erläutert.

Ausgegeben am 24. April.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



1913.
XXII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

24. April. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Waldeyer.

1. Hr. F. E. Schulze las eine zweite Mittheilung über die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugethiere.

Auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der zur Gattung *Macropus* Shaw gehörigen diprotodonten Beutelthiere findet sich ein System von Falten und Leisten, welche meistens auf dem freien Rande mit einer Reihe kammzinkenartig gestellter Stacheln besetzt sind.

2. Hr. Koser erstattete den Jahresbericht über die Herausgabe der Monumenta Germaniae historica für das Jahr 1912/13.

3. Hr. Eduard Meyer legte vor die 22. wissenschaftliche Veröffentlichung der Deutschen Orientgesellschaft: »E. Sellin und C. Watzinger, Jericho.« (Leipzig 1913.)

4. Ferner wurden vorgelegt: G. Tessmann, Die Pangwe. Völkerkundliche Monographie eines westafrikanischen Negerstammes. Bd. 1 (Berlin 1913) und Th. Schiemann, Geschichte Russlands unter Kaiser Nikolaus I. Bd. 3 (Berlin 1913), beide mit Unterstützung der Akademie bearbeitet, sowie von Hrn. Erdmann sein Werk: Die Funktionen der Phantasie im wissenschaftlichen Denken (Berlin 1913).

Seine Majestät der Kaiser und König haben durch Allerhöchsten Erlass vom 31. März die Wahl des ordentlichen Professors der Archaeologie an der Universität Berlin Geheimen Regierungsraths Dr. Georg Loeschcke zum ordentlichen Mitglied der philosophisch-historischen Classe zu bestätigen geruht.

Die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugetiere.

II. Die Beuteltiergattung *Macropus* (Shaw).

Von Franz Eilhard Schulze.

Hierzu Taf. II—IV.

Von den in meiner ersten Mitteilung über die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugetiere[1] allein berücksichtigten Wiederkäuern gehe ich jetzt zu den in der Lebensweise ähnlichen diprotodonten Beuteltieren über und beginne mit der an größeren Formen reichen Gattung

Macropus (Shaw),

von welcher mir vier verschiedene Arten (leider jedoch nur in je einem Exemplar) zu Gebote standen, nämlich

Macropus giganteus (Zimmermann),
Macropus robustus Gould,
Macropus ruficollis bennetti (Waterhouse) und
Macropus dorsalis (Gray).

Ich werde zunächst eine summarische Übersicht der Reliefverhältnisse der Lippen- und Wangenschleimhaut geben und sodann die Eigentümlichkeiten der einzelnen Spezies berücksichtigen.

Um die ganze Mundhöhlenschleimhaut bequem übersehen zu können, empfiehlt es sich, die beiden Unterkieferhälften in der Medianebene zu trennen und nach vorsichtiger Exartikulation laterad umzuklappen. Die Zunge ist nach hinten zurückzuschlagen.

Wie bei den meisten diprotodonten Beuteltieren, finden sich jederseits zwei senkrecht übereinanderstehende Schleimhautfalten, deren eine von der Oberlippenwand herabhängt, während die andere von der Unterlippe emporragt. Ich bezeichne sie ihrer annähernd queren Lage wegen als »Crista transversa superior und inferior«. Hierdurch ist eine

[1] Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912, S. 510—521.

Sonderung der ganzen Mundhöhle in zwei hintereinanderliegende Regionen angedeutet. Die vordere, welche vorn und seitlich von den Lippenrändern, medial von der Seitenfläche des harten Gaumens, der Schneidezähne und der Zunge begrenzt ist, soll Lippenhöhle — »Chilocœl« — heißen. Die weit größere hintere, welche lateral von der Wange, medial von den hinteren Partie des harten Gaumens der Zunge und von den Backenzähnen begrenzt ist, nenne ich Wangenhöhle — »Pariocöl« (von παρειά Wange).

Außer den Cristae transversae kommt auf der Lippen- und Wangenschleimhaut noch ein System von niedrigeren Erhebungen vor, welche mit besonderen Namen zu bezeichnen sind. Für die von diesen meist leistenförmigen Erhebungen umrahmten einzelnen Schleimhautregionen führe ich die allgemeine Bezeichnung »Area« ein.

In bezug auf die Bildung der Namen aller dieser einzelnen Gebilde, welche zum Teil bei den übrigen Säugetierabteilungen wiederkehren werden, schiebe ich hier einige allgemeine Bemerkungen ein.

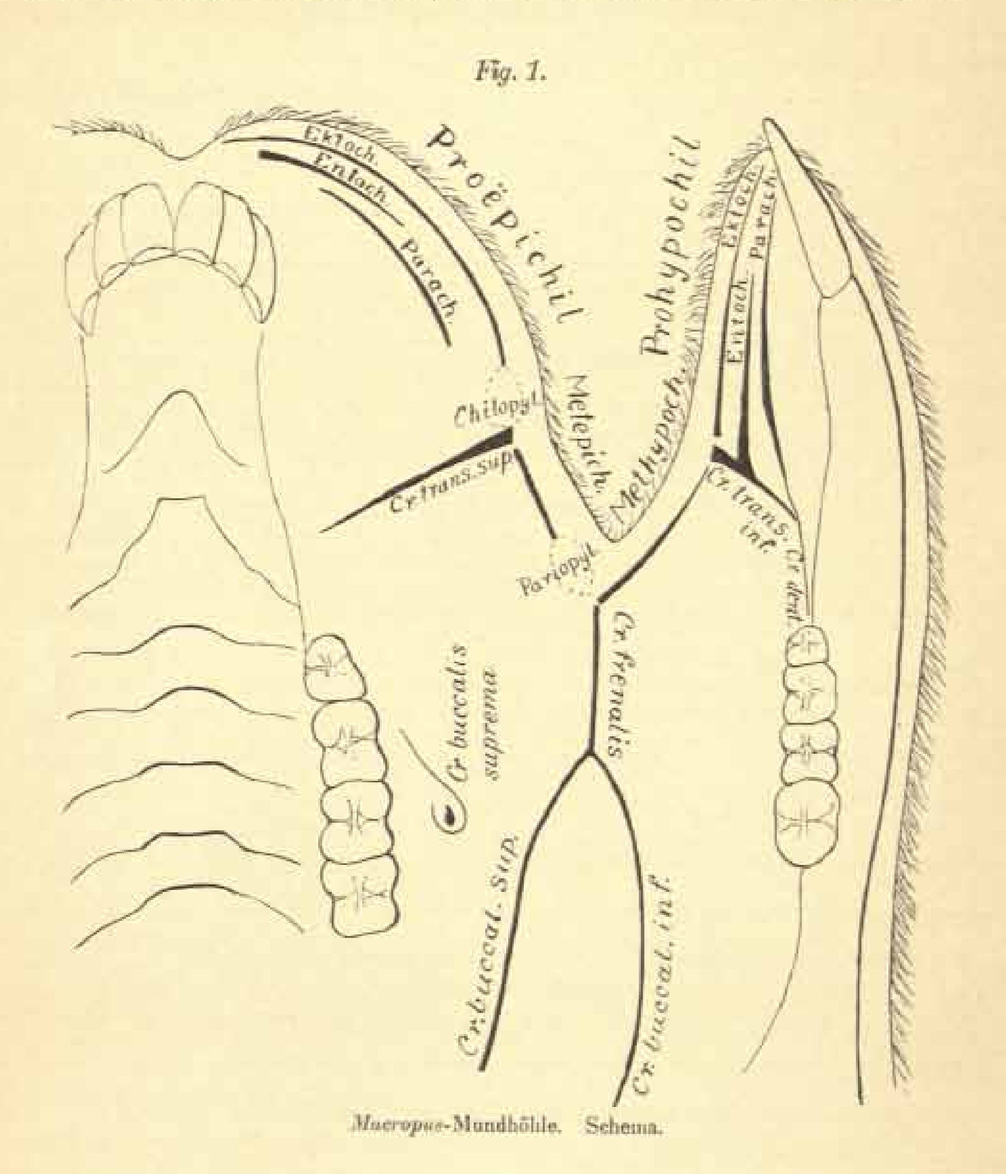
Als es sich vor Jahren für mich darum handelte, für die zahlreichen verschiedenen Spongiennadelformen der Hexactinelliden charakteristische Namen zu finden, welche Aussicht auf allgemeine Annahme hätten, wählte ich möglichst bezeichnende lateinische oder griechische Wörter, welche ich nach Abstrich der Genitivendung als Neutra behandelte und es den einzelnen Kultursprachen überließ, durch Anhängen von bei ihnen gebräuchlichen Endungen die entsprechende Plural- oder auch Adjektivform zu bilden. So habe ich z. B. für einen regulären Sechsstrahler mit spitzen Strahlenenden die Bezeichnung »Oxyhexactin« eingeführt. Eine Nadel der Art, deren einer verlängerter Strahl durch reichliche seitlich schräg abstehende Seitenästchen Ähnlichkeit mit einem Tannenbaum hatte, wurde als »Pinul« bezeichnet. Und so konnte deutsch von einem »hexactinen Pinul« oder »pinulen Hexactin« bzw. »pinulen Pentactin« (falls der dem zackigen gegenüberstehende Strahl atrophiert war) die Rede sein. Für den Plural wurde deutsch von hexactinen Pinulen, englisch von hexactin Pinuls, französisch von hexactines Pinules gesprochen usw. Es hat sich diese Bezeichnungsweise bald eingebürgert und wird jetzt von den Zoologen aller Länder ausschließlich angewandt.

Während ich für jede der beiden Säugetierlippen in ihrer Gesamtheit die gebräuchliche lateinische Benennung labium superius und labium inferius beibehalte, wähle ich für den Lippenrand die Bezeichnung »Chil«, d. h. den latinisierten Stamm des griechischen χεῖλος, welches Wort ja nicht nur für Lippe, sondern auch überhaupt für den Rand jeglicher Öffnung benutzt werden kann. Den gesamten Rand der Oberlippe nenne ich »Epichil«, den der Unterlippe »Hypochil«. Der vordere Teil des Epichil heißt »Proëpichil«, der weit kürzere hintere, etwas laterad gewandte, »Metepichil«, die entsprechenden Regionen des Unterlippenrandes »Prohypochil« und »Methypochil«.

An jedem Lippenrande läßt sich eine äußere Kante, Ektochil, und eine innere Leiste oder Wulstbildung, »Entochil«, und neben dieser noch eine mediale, parallelstehende dritte, das Parachil, unterscheiden.

Das Parachil der Unterlippe kann sich rückwärts in eine Falte fortsetzen, welche neben dem betreffenden Unterkieferast bis zur unteren Backenzahnreihe verläuft und deshalb Crista dentalis heißen soll. Am Hinterende des Proëpichil findet sich bei allen vier Känguruh-

Fig. 1.



Macropus-Mundhöhle. Schema.

arten eine kleine, nur wenige Millimeter breite Auskehlung mit glattem abgerundeten konkaven Grunde, welche ich Chilopyl nenne, da sie gleichsam eine Ausgangspforte des Chilocöl darstellt.

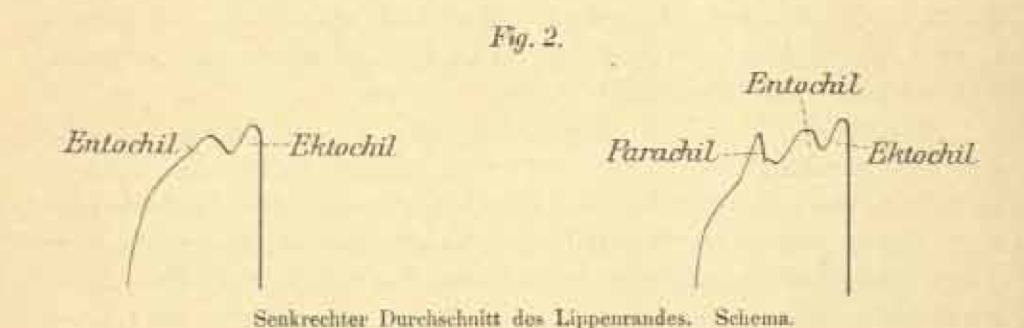
Das im Verhältnis zum Proëpichil weit kürzere Metepichil, welches sich vom lateralen Ende der Crista transversa superior an nicht ganz in der Richtung des Proëpichil, sondern etwas laterikaudad

zum Mundwinkel hinzieht, weist gleichfalls an seinem Hinterende eine derartige (hier sogar etwas größere) Auskehlung mit gewölbtem glatten Grunde auf, welche jedoch nicht aus dem Chilocöl, sondern aus dem Pariocöl nach außen führt und deshalb »Pariopyl« heißen soll.

Unmittelbar hinter dem Mundwinkel beginnt als eine direkte hintere Fortsetzung des methypochilen Ektochils die an der Wange horizontal nach hinten, also in der Richtung eines Zügels (frenum), ziehende, meist nur kurze »Crista frenalis«. Sie gabelt sich hinten in Form eines gotischen Bogens, dessen beide übereinanderliegende Schenkel alsbald parallel werden und in ziemlich gerader horizontaler Richtung bis zum Schlundeingang ziehen.

Für die von diesen Leisten umschlossenen Schleimhautregionen der Lippen und Wangen wähle ich den Ausdruck »Area« und unterscheide an der Oberlippe die Area proëpichilica und metepichilica, an der Unterlippe die Area prohypochilica und methypochilica; in der Wangengegend die vorn breiten, hinten stark verschmälerten Area

Fig. 2.



Senkrechter Durchschnitt des Lippenrandes. Schema.

buccalis superior und inferior, welche von dem Hinterende der Crista frenalis an die durch die beiden Cristale buccales begrenzte Area buccalis media zwischen sich fassen.

Zur Berücksichtigung der speziellen Differenzen aller dieser Gebilde wird es sich empfehlen, eine Spezies nach der andern gesondert vorzunehmen. Ich beginne mit der größten,

Macropus giganteus (Zimmermann),

deren Leib von der Schnauze bis zum After etwa 1.5 m mißt, während der kräftige Schwanz etwa 91 cm lang ist.

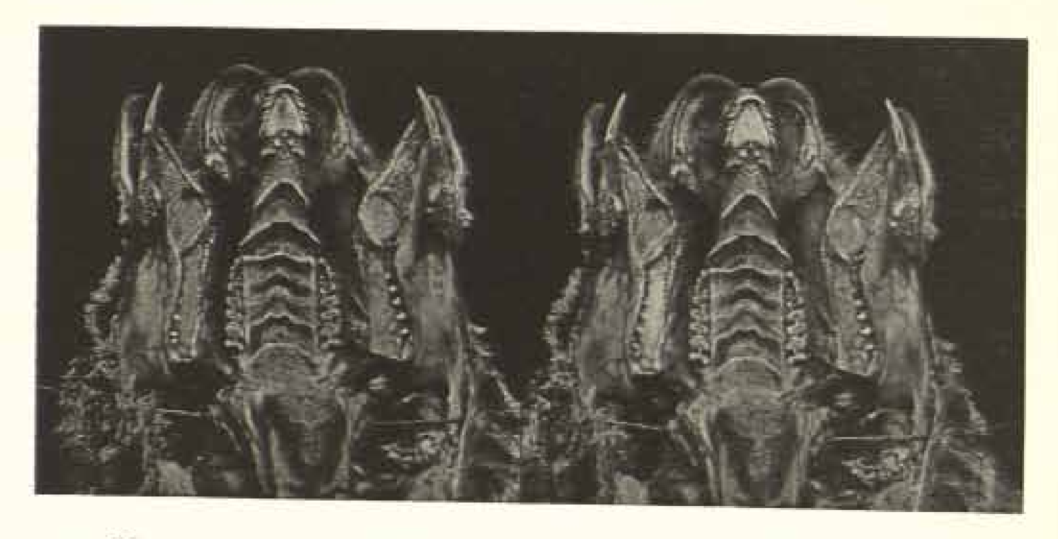
Im Gegensatz zu den meisten anderen Känguruarten, welche mit einem wohlentwickelten, die ganze Nasenkuppe einnehmenden, nackten flachhöckerigen Nasenspiegel versehen sind, ist hier die Nasenkuppe dicht behaart. Nur die nächste Umrandung jedes der beiden vorn konvergierenden Nasenlöcher wird von einer schmalen flachhöckerigen

nackten schwarzen Hautzone gebildet. Diese nackten Umrandungen der beiden Nasenlöcher vereinigen sich vorn zu einer nackten, etwas faltigen, farblosen Hautplatte, welche die zwischen den beiden behaarten Oberlippenhälften befindliche Lippenspalte einnimmt. Von ihr aus zieht sich ein medianer, ebenfalls farbloser, nackter Hautfortsatz abwärts zwischen den etwas distanten Basen der beiden vordersten oberen Schneidezähne hindurch bis zu der am vorderen Gaumenende befindlichen Papilla incisiva. Außerdem aber geht auch jederseits laterad ein die betreffende Oberlippenhälfte umfassender Fortsatz ab, dessen laterale Partie sich durch ihre flachhöckerige schwarze Oberfläche als direkte Fortsetzung der lateralen Umrandung des betreffenden Nasenloches erweist, während die mediale glatt und farblos erscheint. Die erstere, dem behaarten Oberlippenrand unmittelbar anliegende Zone setzt sich, ihre höckerige Beschaffenheit und schwärzliche Farbe allmählich verlierend, rückwärts in den nackten, glatten, gerundeten ektochilen Randsaum des Proëpichils fort, während die andere in einen als Entochil aufzufassenden, nur etwa 1 cm langen höckerigen Wulst übergeht der sich schnell verschmälert und rückwärts in eine hinten mit kleinen spitzen Randzacken besetzte schmale Leiste endet, welche sich zwischen dem Ektochil und Parachil hinzieht.

Während die vordere Partie des über 3.5 cm langen Ektochils einen gleichmäßig gerundeten, schmalen, glatten Randwulst darstellt, treten an seiner hinteren Hälfte mehrere schwache quere Einkerbungen auf. Hinter seinem steil abfallenden Kaudalende zeigt sich die etwa 3 mm breite halbkreisförmige Auskehlung, das Chilopyl, über dessen gerundeten nackten Rand sich einzelne Haare von außen in die Lippenhöhle, das Chilocöl, hineindrängen. Das hier deutlich ausgeprägte Parachil beginnt vorn, etwa 1.5 cm von der Medianebene entfernt, dicht neben dem vorderen Entochilwulst, als eine schmale, mit schwach rückwärts gebogenen, kammzinkenartig gestellten spitzen Hornstacheln einreihig besetzte Leiste. Nach hinten zu nehmen diese platten spitzen Randzacken allmählich an Stärke und Höhe zu, bis sie am Kaudalende der ganzen Parachilleiste mit einer kleinen Einwärtsbiegung aufhören.

Unmittelbar hinter dem Chilopyl erhebt sich ein dessen hintere Wand bildender Zapfen, welcher seitlich in zwei rückwärts divergierende Leisten übergeht, nämlich einerseits das kaudilaterad zum Mundwinkel ziehende Metepichil und anderseits die kaudimediad verlaufende Crista transversa superior. Das Metepichil besteht aus einer am hinteren behaarten Oberlippenrandteil zum Mundwinkelausschnitt verlaufenden und auf diesem Wege allmählich an Höhe abnehmenden, nur etwa 1 cm langen Leiste, deren Hinterfläche ziemlich steil abfällt und deren Firste





Photostereogramm: Mundhöhle von *Macropus giganteus* (ZIMMERMANN).

Auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.

Die beiden Unterkieferhälften sind nach ihrer Trennung in der Medianebene seitlich auseinandergelegt. Die Zunge ist zurückgeschlagen. Photographiert nach einem Trockenpräparat.

Zur Betrachtung dieses und der folgenden Photostereogramme empfiehlt sich das von der Firma Warmbrunn und Quilitz, Berlin NW, Heidestraße 55—57, hergestellte und zum Preise von 1.50 Mark zu beziehende Universalstereoskop.

F. E. SCHULZE: Die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugetiere.

mit einigen hornigen Stacheln und Buckeln besetzt ist. Die Crista transversa superior erhebt sich auf breiter Basis als eine fast 2 cm lange und 8 mm hohe, derbe, im allgemeinen glatte Schleimhautfalte. Ihr mediad allmählich abfallender freier Rand zeigt, abgesehen von einigen flachen Buckeln, eine nur mäßig zugeschärfte glatte Kante, welche sich mediad bis auf eine Entfernung von etwa 3 mm der glatten Seitenfläche des harten Gaumens nähert, so daß hier noch eine, vom Chilocöl zum Pariocöl führende, mit glatter Schleimhaut ausgekleidete, rinnenförmige Vertiefung der dorsalen Scheidewand beider Höhlen bleibt.

Die am Hinterende des Metepichils liegende, dem Mundwinkel entsprechende, fast ½ cm breite Auskehlung des Oberlippenrandes hat einen flach abgerundeten glatten Grund und bildet eine am Vorderende des Pariocöls gelegene Ausgangspforte des »Pariopyl«, in welche häufig Haare der äußeren Mundwinkelhaut mehr oder weniger weit von außen hineinragen.

Zur Schilderung der Erhebungen der Unterlippenschleimhaut übergehend, mache ich zunächst darauf aufmerksam, daß diese hier einen verhältnismäßig größeren Flächenraum einnehmen als an der Oberlippe.

Von der medianen Einkerbung an, welche vorn die beiden Unterlippenhälften trennt, erstreckt sich jederseits ein einfacher nackter, glatter, ektochiler Randsaum des Prohypochils unmittelbar neben der behaarten Haut rückwärts bis zur halben Länge der Unterlippe, um von hier in den mit buckelförmigen und weiterhin kegel- und zackenförmigen Erhebungen ektochilen Außenrandsaum des Methypochil überzugehen, welcher am Mundwinkel endet und die kaudilaterale Begrenzung des Pariopyl bildet. Während nun medial von dem prohypochilen Ektochil sich die glatte Schleimhaut des vorderen freien Teiles der Unterlippe flach ausbreitet, erhebt sich neben dem methypochilen Ektochil ein etwa 5 mm breites wulstiges Entochilpolster, welches mit unregelmäßigen buckel- und faltenförmigen Erhebungen besetzt ist und sich an seinem nahezu queren Hinterrande zu einer der Crista transversa superior der Oberlippe unten nahezu gegenüberliegenden Crista transversa inferior erhebt.

An der medialen Seite dieses Entochilpolsters zieht sich neben dem medialen Unterkieferrande in Form einer mit schmalen spitzen Zacken einreihig besetzten dünnen Leiste das hypochile Parachil hin, welches sich dann rückwärts in eine bis zum Vorderende der unteren Backenzahnreihe reichende, schon in den Bereich der Wangenhaut fallende glatte Schleimhautfalte, die Crista dentalis, fortsetzt.

Die vom Mundwinkel aus in horizontaler Richtung nach hinten ziehende und als eine kontinuierliche Fortsetzung des hypochilen

Ektochils erscheinende, etwa 10 mm lange Crista frenalis besitzt einen im vorderen Teil etwas mediad umgebogenen schmalen Rand, welcher vorn mit groben, hinten mit feineren Zacken gekrönt ist.

Die beiden vom hinteren Ende der Crista frenalis in Gestalt eines gotischen Bogens divergierenden und weiter rückwärts in kleinfingerbreitem Abstand parallel laufenden, geraden Crista buccalis superior und inferior erreichen eine Länge von etwa 40 mm. Sie stellen zwar beide schmale, niedrige, mit feinzackigem Rande versehene Leisten dar, welche hinten in die glatte Schleimhaut des Schlundeinganges auslaufen, unterscheiden sich jedoch im feineren Bau insofern, als die obere in ihrer vorderen Hälfte einem schmalen, mit glatter gewellter Seitenfläche versehenen Bande gleicht, dessen freie Kante mit einreihig gestellten, schmalen, spitzen Randzacken, in der hinteren Hälfte aber mit kleinen, mehr unregelmäßig gruppierten Papillen besetzt ist; während die untere, der betreffenden Backenzahnreihe ziemlich dicht anliegend, mehr gleichmäßig gebaut, mit niedrigen spitzen, einreihig gestellten Randzacken besetzt ist. Bemerkenswert ist, daß sich bei jeder dieser beiden Cristae der freie Randsaum etwas über das von ihnen umrahmte Schleimhautfeld, die Area buccalis media, überneigt. Sehr auffällig ist übrigens die Oberflächenbeschaffenheit der drei übereinanderliegenden Areae buccales. Während die Area buccalis superior und inferior im allgemeinen eine glatte Oberfläche besitzt, erscheint die Oberfläche der Area buccalis media feinhöckerig, rauh und im hinteren Teile sogar samtartig mit feinen spitzen Papillen dicht besetzt. Nur an einer bestimmten Stelle zeigt sich in der Area buccalis superior eine eigenartige Erhebung in Gestalt einer schmalen mit spitzen Randzacken besetzten Leiste, welche in der Gegend des zweiten Molarzahnes, von einem kleinen dreieckigen Papillenfeld zunächst niedrig entspringend, in S-förmiger Biegung kaudilaterad nach hinten zieht und etwa 6 mm lateral vom dritten Backenzahn mit einer engen spiraligen medialen Einwärtsrollung eine trichterförmige Vertiefung von etwa 2 mm Weite umschließt. Ich nenne sie: »Crista buccalis suprema«.

Macropus robustus Gould.

Das etwa 1½ m hohe »Felsenkänguruh« stimmt hinsichtlich der hier in Betracht gezogenen Verhältnisse so sehr mit dem »Riesenkänguruh« überein, daß ich mich auf die Markierung der Differenzen beschränken kann.

Besonders auffällig ist der Umstand, daß die zwischen den Nasenlöchern liegende Nasenkuppe nicht behaart, sondern von einer nackten,

flachhöckerigen, schwarzen Haut bekleidet ist, welche auf den medialen Nasenlochrand übergreift und sich auch in Form eines glatteren, schwarzen, nackten Hautstreifens auf die laterale Wand des Nasenloches fortsetzt. Der stark verschmälerte vorderste Teil der Nasenkuppe zeigt eine schmale seichte mediane Furche. Von dem Vorderende der nackten Nasenkuppe zieht sich, ebenso wie bei *M. giganteus*, abwärts eine längsfaltige, zum Teil auch konische, Höcker tragende, hellere nackte Hautpartie in die etwa 5 mm breite mediane Spalte hinein, welche die beiden behaarten Oberlippenhälften voneinander trennt. Von dieser Hautplatte dringt auch hier, wie bei *M. giganteus*, ein medianer Zipfel durch die zwischen den beiden vordersten Schneidezähnen bleibende Lücke zur Papilla incisiva, während der jederseits laterad abgehende Zipfel sich in das wulstige Vorderende des betreffenden Entochils der Oberlippe fortsetzt. Die ganz ähnlich wie bei *M. giganteus* gebildete und auch hier als direkte Fortsetzung der lateralen Nasenlochwand erscheinende Ektochilleiste weicht nur insofern etwas ab, als sich an ihrem Hinterende einige derbe konische Zacken abgetrennt haben, welche mit der etwas hakenförmig gekrümmten Spitze rückwärts gerichtet sind und in das hier stark eingeengte Chilopyl hineinragen. An dem Metepichil und der Crista transversa fällt auf der schmale, im vorderen Teil mit feinen Zacken besetzte Rand. Das Pariopyl zeigt keine Abweichungen.

An den Schleimhauterhebungen der Unterlippe ist nur ein nach vorn gerichteter, zungenförmiger, deutlich abgesetzter Fortsatz des breiten dreieckigen Entochilpolsters bemerkenswert.

An der Wangenschleimhaut stimmen die hier zu berücksichtigenden Verhältnisse im wesentlichen mit den oben bei *M. giganteus* geschilderten überein. Speziell findet sich auch hier auf dem hinteren Teil der Area buccalis superior die nämlich S-förmig gekrümmte, schmale, spitzzackige Leiste, welche sich an dem erhöhten Hinterende spiralig einrollt und eine trichterförmige Vertiefung umfaßt, die Crista buccalis suprema.

Macropus ruficollis bennetti (Waterhouse).

Die nur in Tasmanien vorkommende Subspezies von *M. ruficollis* Desmarest, welche von Waterhouse als *M. bennetti* beschrieben wurde, ist etwas kleiner und schlanker gebaut als die beiden vorigen Arten, mißt aber immerhin von der Schnauze bis zum After noch über ein Meter.

Die Nasenkuppe ist, ähnlich wie bei *M. robustus*, von einer nackten, flachhöckerigen, glatten, schwarzen Haut überzogen, welche eine vordere mediane Kerbe aufweist und ebenso wie dort einen flachhöckerigen,

kleinfingerbreiten Fortsatz abwärts in die mediane Spalte entsendet, welche zwischen die behaarten Oberlippenhälften klafft.

Das eine Fortsetzung der lateralen Nasenlochauskleidung darstellende Ektochil stimmt insofern am meisten mit dem der vorigen Spezies überein, als auf den vorderen glattrandigen Teil eine mit distinkten konischen spitzen Zacken besetzte hintere Partie folgt, an welche sich dann das hier mit eingewachsenen Haaren besetzte Chilopyl anschließt.

Sowohl die beträchtliche konische Erhebung, welche die Rückwand des Chilopyl bildet, als auch die beiden von ihr aus rückwärts divergierenden und sich medikaudad überneigenden Leisten, die Crista transversa superior und das einfache Metepichil, tragen auf dem vorderen Teil ihrer Firste kräftige spitze Stacheln, während der hintere mehr glattrandig ist. Auf dem Grunde der das Pariopyl darstellenden Auskehlung des Metepichils sind einzelne kleine Höcker vorhanden.

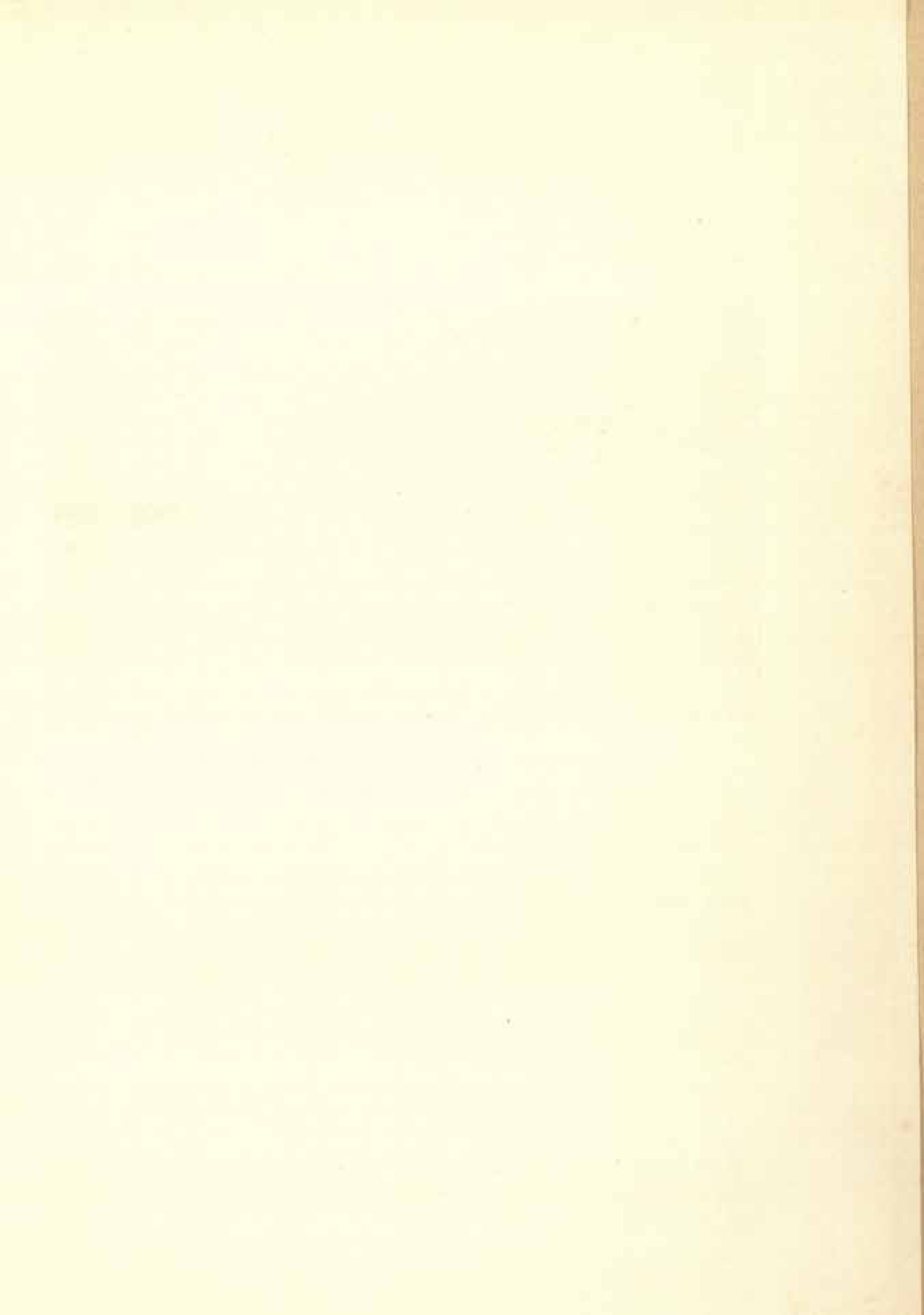
An der Unterlippe besteht das Prohypochil vorn nur aus dem verhältnismäßig breiten vorderen glatten Teil des Ektochils, während sich an dessen verschmälerte hintere Partie ein mit schrägen Längsfalten besetzter lateraler mittlerer Teil des Entochils so dicht anlegt, daß er mit ihm verschmolzen erscheint. Das darauf folgende ektochile Methypochil besteht dagegen wieder aus einer deutlich abgesetzten Leiste, welche mit kräftigen, rückwärtsgebogenen spitzen Randstacheln besetzt ist.

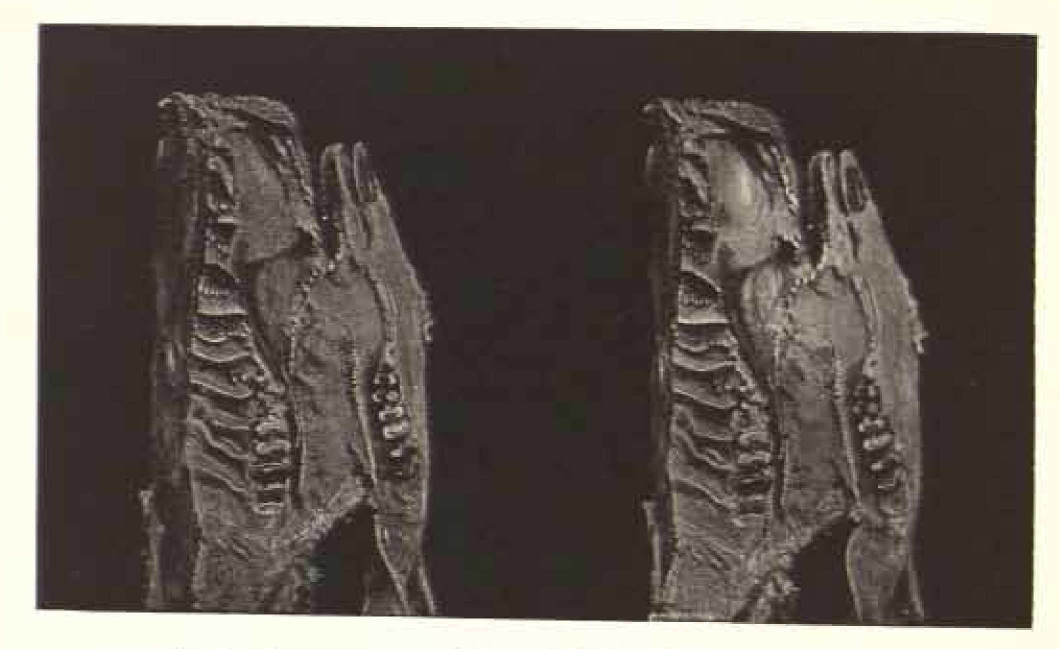
Das vorn ganz fehlende, in der mittleren und hinteren Region des Prohypochils aber zu einer breiten, wulstigen Masse anschwellende Entochil erhebt sich mit seinem verbreiterten quer abgestutzten Hinterende zur Crista transversa inferior.

Die dem Unterkieferrande sich nähernde Parachilleiste ist in ihrem vordersten, dicht hinter der vorderen Lippenspitze beginnenden Teil glattrandig, trägt aber auf ihrem hinteren, in die Crista dentalis übergehenden Teil kleine Randstacheln.

Während die Randstacheln auf der Übergangsstelle der Methypochilleiste in die Crista frenalis etwas niedriger sind als auf der ersteren, steigen sie auf der mittleren und hinteren Partie der letzteren wieder an.

Die Crista buccalis superior gleicht in ganzer Länge einem schwach gefalteten, glattrandigen und nur im hintersten Teil mit kleinen spitzen Randdornen besetzten Bande und neigt sich so stark über die Area buccalis media, daß sie wie flach aufliegend erscheint. Die ebenfalls stark überhängende Crista buccalis inferior ist dagegen in ganzer Länge mit schmalen Randstacheln besetzt.





Photostereogramm: Eine Hälfte der Mundhöhle von *Macropus ruficollis bennetti* (Waterhouse).

Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

Nach Halbierung des Kopfes in der Medianebene ist die linke Hälfte samt der zurückgeschlagenen linken Unterkieferhälfte photographiert. Die Zunge ist rückwärts zurückgeschlagen. Nach einem Spirituspräparat.

F. E. Schulze: Die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugetiere.

Die rauhe höckerige Area buccalis media zeigt besonders deutlich auf ihrer ventralen Partie zahlreiche kleine spitze Stacheln, welche der Oberfläche ein samtartiges Aussehen verleihen.

Während die ganze Area buccalis inferior eine gleichmäßig glatte Oberfläche zeigt, findet sich auf dem hinteren Teile der im übrigen auch glatten Area buccalis superior die Crista buccalis suprema, aber nicht in Form einer schmalen S-förmigen, hinten um eine trichterförmige Grube sich herumziehenden Leiste; sondern es erscheint eine längs dem hinteren Teil der Crista buccalis superior sich hinziehende, starke gerade Leiste, deren freier Rand eine Reihe seitlich komprimierter spitzer Zacken trägt. Während in ihrer kaudalen Verlängerung noch einige isolierte konische Zacken folgen, zeigt sich an der medialen Seite ihrer hinteren Partie eine rundliche Öffnung von etwa 2 mm Weite.

Macropus dorsalis (Gray).

Die Nasenkuppe des im Verhältnis zu den übrigen drei besprochenen Arten erheblich kleineren *Macropus dorsalis* ist nicht behaart, sondern zeigt einen flachhöckerigen, schwarzen »Nasenspiegel«, von welchem ebenso wie bei den übrigen Spezies ein höckeriger nackter Fortsatz durch die ziemlich breite Oberlippenspalte und weiter abwärts durch die vordere Schneidezahnlücke bis zur Papilla incisiva herabzieht und dabei jederseits lateral einen nackten Hautzipfel abgibt, welcher in das hier nur schwach entwickelte wulstige Entochil des betreffenden Proëpichils übergeht.

Das im vorderen Teil ganz glatte, im hinteren mit allmählich an Höhe und Stärke zunehmenden Randstacheln besetzte proëpichile Ektochil läßt auf seinem kaudalen Ende die als Pylochil bezeichnete, einen höckerigen Grund zeigende Lücke.

Bei der schwachen Entwicklung des proëpichilen Entochils verläuft das schmale leistenförmige epichile Parachil nahe am Ektochil. Seine Randzacken erscheinen vorn unbedeutend, nehmen aber kaudad an Höhe und Stärke zu. Die hintersten zeigen eine auffällige Rückwärtsbiegung, reichen aber nicht so weit nach hinten wie die Zacken des benachbarten Ektochils.

Der freie Rand des Metepichils trägt eine gegen das Pariopyl an Höhe und Stärke abnehmende Stachelreihe. Auch der freie Rand der Crista transversa superior ist in seinem lateralen Teil mit kräftigen Stacheln besetzt.

An der Unterlippe folgt auf den glatten Rand des prohypochilen Ektochils der mit Stacheln besetzte Rand des methypochilen Ektochils,

dessen Stacheln zum Mundwinkel von vorn nach hinten an Stärke und Länge zunehmen und etwas kaudad gebogen erscheinen. Der hintere Rand des breiten, wulstigen hypochilen Entochils entspricht einer Crista transversa inferior und trägt eine in ziemlich unregelmäßigem Zickzack gestellte Stachelreihe. Das nahe an den horizontalen Unterkieferast herangerückte hypochile Parachil besteht aus einer schmalen, mit kleinen spitzen Randzacken besetzten Leiste, welche rückwärts in die Crista dentalis übergeht. Die Crista transversa zeigt einen mit kleinen rückwärts an Stärke zunehmenden und etwas kaudad gebogenen Stacheln besetzten Rand.

Während die Crista buccalis superior die Form eines schwachgefalteten vorn glattrandigen und nur im hinteren Teile kleine Randspitzen tragenden Bandes hat und soweit über die Area buccalis media überhängt, daß sie flach aufzuliegen scheint, ist der freie vorstehende Rand der Crista buccalis inferior in ganzer Ausdehnung mit Stacheln versehen, welche im mittleren Teil ihres Verlaufes am höchsten sind.

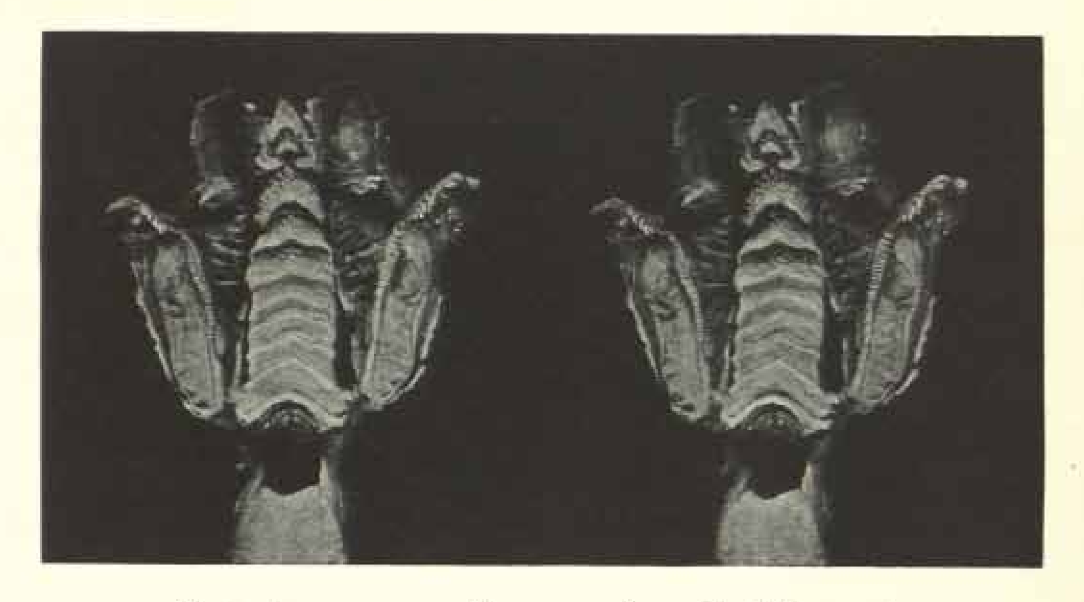
In der Area buccalis superior findet sich neben dem zweiten Molar als eine leistenförmige Erhebung die Cr. bucc. suprema, welche am Kaudalende einen mediorostrad gekrümmten, starken, spitzen Stachel trägt und eine an dessen medialer Seite gelegene grubenförmige Vertiefung umrandet.

Zusammenfassung.

1. Bei den von mir untersuchten vier *Macropus*-Arten ist jederseits durch die sich oben und unten gegenüber stehenden, etwas rückwärts gebogenen Querfalten, Crista transversa superior und inferior, eine Grenze markiert zwischen der vorderen Lippenhöhle (Chilocöl) und der dahinterliegenden Backenhöhle (Pariocöl).

2. An der Stelle, wo die Crista transversa entspringt, erfährt sowohl der Oberlippenrand (Epichil) als auch der Unterlippenrand (Hypochil) eine Änderung seines Baues und seiner Richtung, wodurch ein längerer Vorderteil (Proëpichil bzw. Prohypochil) von einem höchstens halb so langen Hinterteil (Metepichil bzw. Methypochil) zu unterscheiden ist.

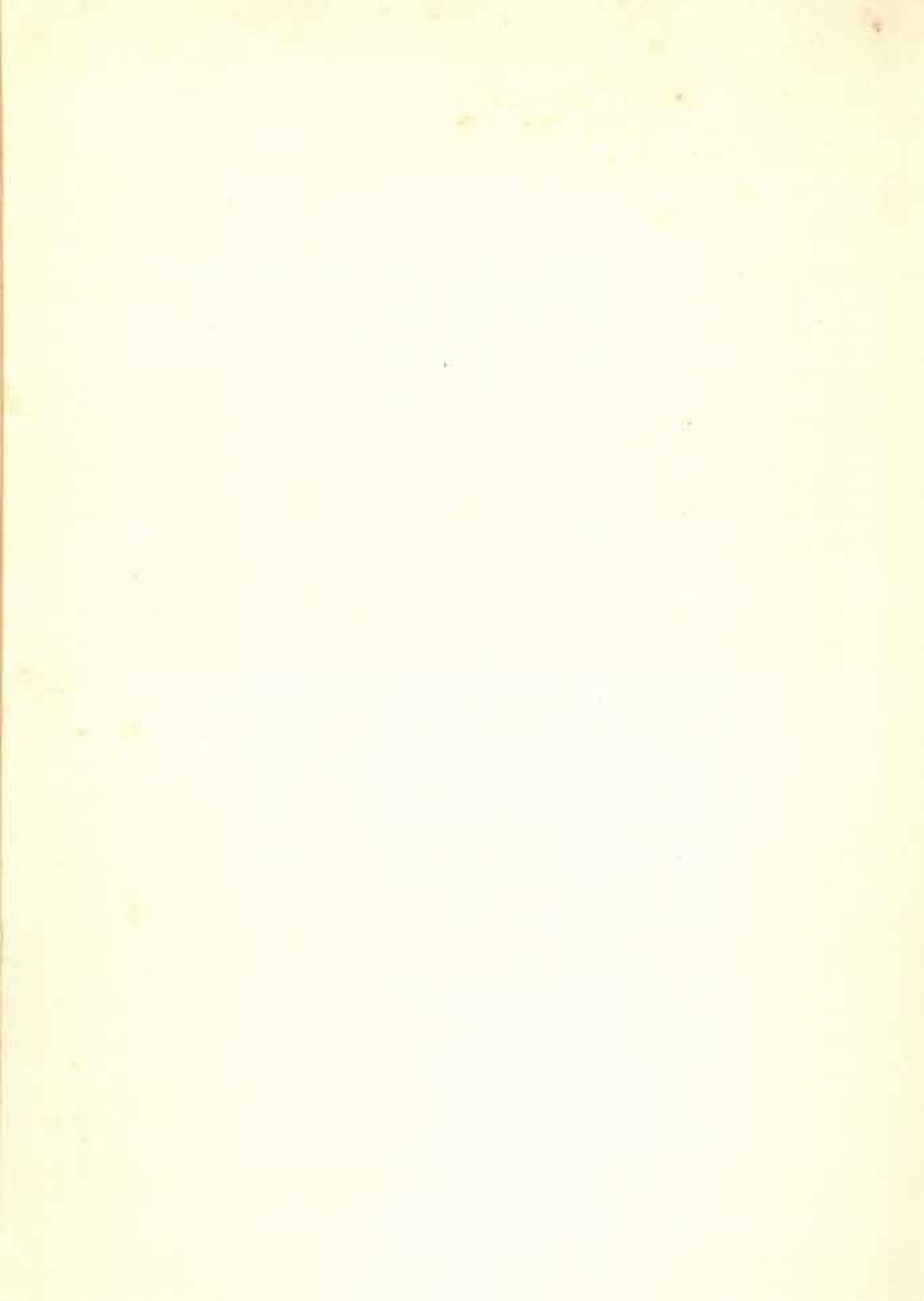
3. Sowohl an dem Proëpichil als auch am Prohypochil lassen sich drei annähernd parallel liegende leistenförmige Erhebungen unterscheiden, eine laterale, das Ektochil, eine medial danebenliegende, das »Entochil«, und eine dritte, noch weiter medial gelegene, das »Parachil«. Das in der Regel als eine Fortsetzung des proëpichilen



Photostereogramm: *Macropus dorsalis* (Wagner).
Die Schleimhaut ist abgelöst. Auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

Die Schleimhaut der beiden Unterkieferhälften ist seitlich, die Zunge rückwärts zurückgeschlagen. Nach einem Trockenpräparat photographiert.

F. E. Schulze: Die Erhebungen auf der Lippen- und Wangenschleimhaut der Säugetiere.



bzw. prohypochilen Ektochils sich darstellende Metepichil und Methypochil bleibt einfach.

4. Eine am Hinterende des proëpichilen Ektochils auftretende tiefe Auskehlung des Proëpichils bildet eine Verbindungslücke oder Pforte zwischen dem Prochilocöl und der Außenwelt, weshalb ich diese Lücke »Chilopyl«, d. i. Lippenhöhlenpforte, nenne. Auch an dem Hinterende des Metepichils findet sich eine ähnliche, meist noch etwas breitere Lücke, durch welche das Pariocöl mit der Außenwelt in offener Verbindung steht, das »Pariopyl« oder Wangenhöhlenpforte.

5. Von dem hinteren Verbindungspunkt des Metepichils und Methypochils zieht in horizontaler Richtung, der Lage eines Zügels (frenum) entsprechend, die Crista frenalis, von deren Kaudalende die beiden zunächst in Gestalt eines gotischen Bogens divergierenden, sodann in gerader Richtung parallel nach hinten bis zum Schlundeingang ziehenden Crista buccalis superior und inferior abgehen.

Oberhalb und medial von der Crista buccalis superior liegt in der Area buccalis superior neben dem 2. und 3. oberen Molar die kurze Crista buccalis suprema.

6. Als eine hintere Verlängerung des prohypochilen Parachils findet sich eine zum Vorderende der unteren Backenzahnreihe ziehende Längsfalte, die Crista dentalis.

7. Auf dem freien Rande (der First) aller dieser Schleimhautfalten oder Leisten können sich stachel- oder kegelförmige Fortsätze befinden, welche meistens in einer Reihe stehen und zugespitzt enden. Auch kommt zuweilen an Stelle einer solchen Leiste eine Reihe isolierter Stacheln vor. Das Vorkommen und die Bildung dieser Randstacheln stimmt nicht immer bei den verschiedenen Spezies überein und ist daher in der Regel nur als Artcharakter zu verwerten.

Auf eine vergleichend anatomische und physiologische Beurteilung dieser bisher ja nur an wenigen Repräsentanten einer einzigen Gattung studierten Verhältnisse werde ich erst nach Ausdehnung meiner Untersuchungen auf eine größere Anzahl diprotodonter Beuteltiere eingehen.

Jahresbericht über die Herausgabe der Monumenta Germaniae historica.

Von Reinhold Koser.

Die 38. ordentliche Plenarversammlung der Centraldirection der Monumenta Germaniae historica wurde in Berlin vom 10. bis 12. April d. J. abgehalten. Erschienen waren die HH. Prof. Bresslau aus Straßburg i. E., Archivdirektor Geh. Archivrat Krusch aus Hannover, Hofrat Prof. Luschin Ritter von Ebengreuth aus Graz, Hofrat Prof. von Ottenthal und Prof. Redlich aus Wien, Geheimrat Prof. von Riezler aus München, Geh. Hofrat Prof. von Steinmeyer aus Erlangen, sowie die hiesigen Mitglieder Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Koser als Vorsitzender, Geheimrat Prof. Schäfer, Geh. Hofrat Prof. von Simson, Prof. Strecker, der das Protokoll führte, und Prof. Tangl. Verhindert waren durch eine Reise zur Beteiligung an einer Sitzung der Kommission für das Deutsche Rechtswörterbuch Hr. Wirkl. Geh. Rat Prof. Brunner Exzellenz und durch Unwohlsein Hr. Prof. Zeumer.

Auf Antrag der Centraldirection hat der Herr Staatssekretär des Innern veranlaßt, daß in den Entwurf des Reichshaushaltsetats für 1913 anstatt des bisherigen Gehalts für ein etatmäßiges Mitglied der Centraldirection Gehälter für zwei etatmäßige Mitarbeiter eingestellt worden sind. Die Besetzung der neuen Stellen wird nach der Veröffentlichung des Etatsgesetzes erfolgen.

Seit Erstattung des letzten Berichtes erschienen:

In der Abteilung *Scriptores*:

Scriptorum tomi XXXII pars tertia. Cronica Fratris Salimbene de Adam Ordinis Minorum. Edidit O. Holder-Egger. (Praefatio tomi. Praefatio Cronicae scripsit B. Schmeidler. Tabulae I—VI.)

Scriptores rerum Germanicarum in usum scholarum separatim editi: Ottonis et Rahewini Gesta Friderici I. imperatoris ed. III. Curavit B. de Simson. — Ottonis de Sancto Blasio Chronica. Edidit A. Hofmeister. — Johannis Porta de Annoniaco liber de coronatione Karoli IV. imperatoris. Edidit R. Salomon.

Vom *Neuen Archiv der Gesellschaft für ältere deutsche Geschichtskunde*:

Bd. XXXVII Heft 3 und Bd. XXXVIII Heft 1.

Im Druck befinden sich zehn Quartbände, ein Oktavband.

In der Serie des *Scriptores rerum Merovingicarum* läßt es der Umfang des noch vorliegenden Materials zweckmäßig erscheinen, den im Druck bis zum 76. Bogen vorgeschrittenen, ursprünglich als Schlußband gedachten Band VI demnächst in der Stärke von 80 Bogen auszugeben und den Rest von etwa 50 bis 60 Bogen in einem siebenten Bande zu vereinigen, an dessen Druck Hr. Archivdirektor Dr. Krusch in Hannover und sein ständiger Mitarbeiter Hr. Prof. Levison in Bonn unverzüglich herangehen werden. Auch die Bearbeitung der Nachträge zu der ganzen Serie ist im abgelaufenen Jahre fortgeführt worden. Kollationen wurden durch Hrn. Prof. Lebègue in Paris und Hrn. Dr. Fedor Schneider in Rom beigesteuert, Handschriften aus Coblenz, Karlsruhe, Stift Lilienfeld, München, Paris, Wien und Wolfenbüttel herangezogen.

Für die Leitung der *Scriptores* (mit Ausnahme der *Scriptores rerum Merovingicarum*) hat sich Hr. Prof. Bresslau in Straßburg i. E. der Centraldirection nunmehr dauernd zur Verfügung gestellt. Nach dem von ihm der Plenarversammlung vorgelegten Arbeitsplan werden zur Veröffentlichung zunächst in Aussicht genommen:

1. Für die noch ausstehende zweite Hälfte des 30. (Schluß-) Bandes der *Folioserie*, entsprechend der in der Vorrede zum ersten Teil dieses Bandes enthaltenen Ankündigung, die Supplemente aus der Zeit der sächsischen und salischen Kaiser. Es sind von italienischen Quellen die *Miracula S. Columbani*, die *Vita S. Petri Urseoli* (falls es gelingen sollte, außer der schon für den Druck Mabillons benutzten Pariser Handschrift eine zweite, im 18. Jahrhundert von Grandi, im 19. Jahrhundert von Tolva benutzte Handschrift wiederaufzufinden); die *Miracula S. Benedicti* von *Desiderius von Monte Cassino*; die *Vita Arialdi* von *Andreas von Strumi*; zwei Vitae des Gründers der Kongregation von Vallombrosa, *S. Johannes Gualberti*; die metrische Vita des *Anselm von Lucca* von *Rangerius* und die *Ystoire de li Normant* von *Amatus von Monte Cassino*, deren Bearbeitung Hr. Geh. Hofrat Prof. Baist in Freiburg i. B. übernommen hat; weiter an kleineren Stücken unter anderen die Chronik des piemontesischen Klosters Chiusa, eine bisher unbekannte Rezension der *Annales Casinenses* nach nach einer Pariser Handschrift, kurze Annalen von Lucca, wahrscheinlich auch eine kurze Chronik des Kapitels von Arezzo; endlich einige kleinere Translationsgeschichten. Von deutschen Quellen: zwei von Hrn. Archivdirektor Dr. Dieterich in Darmstadt bearbeitete Editionen: *Hecelini Translatio et miracula S. Clementis* und *Sigibotonis Vita Paulinae*;

in Bearbeitungen von O. Holder-Egger die Fragmente der *Translatio SS. Wandregisili et Amberti, Annales Magdeburgenses brevissimi* (bis 1039) und *Notae necrologicae Magdeburgenses*; in der Bearbeitung von A. Hofmeister *Vita et miracula Philippi presbyteri Cellensis* mit der *Inventio* und der *Vita Adalberti abbatis Hornbacensis, Fundatio ecclesiae Hildesheimensis, Vita Lietberti episcopi Cameracensis.* Wegen einer Anzahl kleinerer Translationes, Fundationes und Dedikationsnotizen, sowie wegen einiger Vitae, bleibt die Entscheidung, ob sie in den 30. Folioband aufzunehmen sind, noch ausgesetzt.

2. Staufische Supplemente sollen dem Band XXXIII der *Quartserie* vorbehalten werden. Dieser Band wird wesentlich deutsche Quellen umfassen, in erster Linie von umfangreicheren Werken den *Ligurinus*, die Literatur über den Kreuzzug Friedrichs I., die *Vita* Adalberts II. von Mainz und, falls sich ihre angefochtene Echtheit aufrechterhalten lassen wird, die *Vita* Arnolds von Mainz; ferner die Quellen zur Geschichte der heiligen Elisabeth und eine Auswahl aus den Schriften des *Caesarius von Heisterbach.* Von italienischen sind hier nur das zuerst von Monaci herausgegebene *Carmen* über die lombardischen Kriege Friedrichs I. und *Petrus von Ebulo* anzuschließen.

Das verhältnismäßig wenige, was sonst von Schriften italienischer Verfasser aus dem 12. Jahrhundert noch in Betracht kommt, wird am zweckmäßigsten in den für die Fortsetzung der Italiener bestimmten Bänden der Quartserie unterzubringen sein. Als Zeitgrenze für die in die Monumenta Germaniae aufzunehmenden italienischen Schriftsteller wird im allgemeinen das Jahr 1313 zu gelten haben; aber auch bis dahin ist aus dem 13. Jahrhundert, zumal aus dessen zweiter Hälfte, unter Ausscheidung der mehr lokalen Quellen wesentlich nur das zu berücksichtigen, was für die Reichsgeschichte größere Bedeutung hat. Über jene Zeitgrenze von 1313 hinaus würden in der Folge nur noch etwa die auf die Romzüge Ludwigs des Bayern und Karls IV. bezüglichen Schriften aufzunehmen sein. Nach dem Stande der von dem bisherigen Abteilungsleiter ausgeführten oder veranlaßten Vorarbeiten kommen für einen ersten Band vorzugsweise in Betracht *Tolomeus von Lucca* (in der Bearbeitung des Hrn. Privatdozenten Dr. Schmeidler), *Riccobald von Ferrara*, die *Obsidio Anconae* und die kleineren Quellen von Pisa, Lucca, Siena, Florenz, Ferrara, Ravenna. Andere schon weiter gediehene Vorarbeiten sind für *Tolomeus von Faenza, Petrus Cantinelli* und für die süditalienischen Quellen zur Geschichte der letzten Staufer vorhanden. An letzter Stelle werden die norditalienischen Quellen und die der westlichen Emilia zur Edition zu gelangen haben, für die ein erheblicher Teil der Vorarbeiten noch aussteht.

3. Um die Herausgabe der bedeutendsten Quellenschriftsteller zur *Deutschen Geschichte des 14. Jahrhunderts* mit möglichster Beschleunigung zu fördern, wird in Aussicht genommen, nach dem Vorgang der Ausgabe des *Johann von Victring* zunächst Einzeleditionen in der Serie der *Scriptores rerum Germanicarum* zu veranstalten und es einer späteren Zeit zu überlassen, diese erfahrungsmäßig bald vergriffenen Einzeldrucke, ergänzt durch die mit ihnen in landschaftlichem Zusammenhang stehenden kleineren Quellen, innerhalb der Quartserie in neuen Auflagen zu größeren Bänden zusammenzufassen. Beabsichtigt werden zunächst folgende Ausgaben: *Mathias von Neuenburg*, für den der ständige Mitarbeiter Hr. Privatdozent Dr. Hofmeister einen großen Teil der handschriftlichen Überlieferung bereits durchgearbeitet hat; die Relation des *Nicolaus von Butrinto* über den Romzug Heinrichs VII. (in der Bearbeitung des Abteilungsleiters); die *Vita Ludovici Bavari*, die *Selbstbiographie Karls IV.*, die Chroniken *Heinrichs von Diessenhoven* und *Johanns von Winterthur*, das Eichstädter Annalenwerk, das früher nach *Heinrich von Rebdorf* benannt wurde, und die Fürstenfelder Chronik.

In Vorbereitung befinden sich in der Serie der *Scriptores rerum Germanicarum*, wie zum Teil aus den früheren Berichten ersichtlich: *Adam von Bremen* (3. Aufl.), bearbeitet von Hrn. Dr. Schmeidler; *Liutprand von Cremona* (3. Aufl.), den Hr. Oberlehrer Dr. Becker in Rogasen übernommen hat; *Cosmas von Prag*, bearbeitet von Hrn. Landesarchivdirektor Prof. Bretholz in Brünn in Verbindung mit Hrn. Prof. Weinberger; *Annales Austriae*, von Hrn. Prof. Uhlirz in Graz; *Vita Meinwerci* und andere kleinere Denkmäler der Paderborner Diözese, die Hr. Dr. Tenckhoff, Professor der Kirchengeschichte an der bischöflichen Fakultät in Paderborn, herausgeben wird. Neue Auflagen sind erforderlich für *Widukind*, *Wipo* und das *Chronicon Urspergense*, für das sich Hr. von Simson freundlichst zur Verfügung gestellt hat.

4. In der Serie der *Deutschen Chroniken* und verwandter Quellen übernimmt der neue Abteilungsleiter als Mitarbeiter die HH. Dr. Gebhardt in Erlangen (für das Gedicht über die Kreuzfahrt Ludwigs III. von Thüringen) und Dr. Lochner in Göttingen (für die historischen Gedichte von *Suchenwirt*). Für die bereits durch verschiedene Hände gegangene Bearbeitung der *Historischen Lieder* aus der Zeit bis 1500 wurde der von Hrn. Geh. Regierungsrat Prof. Roethe für diese Aufgabe empfohlene Hr. Dr. Behrend, Archivar der Deutschen Kommission bei der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften, gewonnen.

Für die Zwecke seiner Arbeiten unternahm der Abteilungsleiter im Herbst 1912 eine Reise nach Mailand, Turin, Lucca, Florenz, Rom und Modena. Durch Übersendung von Handschriften verpflichteten die Abteilung *Scriptores* der Hochwürdigste Hr. Abt des Benediktiner-

stifts Göttweig, Generalabt Adabert Dungel, der Hr. Bibliothekar des Benediktinerstifts Admont, P. Friedrich Fiedler; durch Erteilung von Auskünften unter andern die HH. Oberbibliothekar Dr. Bernoulli in Basel, Stadtarchivar Dr. Keussen in Köln, Prof. Dr. Schröder in Dillingen, Staatsarchivar Dr. Rabholz und Bibliothekar Dr. Werner in Zürich und Prof. Dr. Wolkan von der k. k. Hofbibliothek in Wien.

Die Zentraldirektion beschloß auf den Antrag des Abteilungsleiters, für die Sammlung der *Scriptores rerum Germanicarum* künftig in den Einleitungen und im Apparat die deutsche Sprache anzuwenden, abgesehen von Autoren, die den Serien *Scriptores rerum Merovingicarum* und *Auctores antiquissimi* angehören.

Innerhalb der Abteilung *Leges*, soweit sie von Hrn. Wirklichem Geheimen Rat Brunner geleitet wird, hat Hr. Dr. von Kralik in Wien im 38. Band des Neuen Archivs im Anschluß an die ebendaselbst Bd. 37 erschienene dritte Studie des Hrn. Prof. von Schwind »Zur Lex Baiuwariorum«, den Anfang einer Untersuchung über die deutschen Bestandteile dieser Lex veröffentlicht; ebenso Hr. Privatdozent Dr. Freiherr von Schwerin in München in der Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, germanistische Abteilung, Bd. 33, einen Aufsatz »Zu den Leges Saxonum«. Hr. Geh. Justizrat Prof. Seckel konnte auf Grund zweier ihm nach Berlin übersandter Handschriften der *Abreviatio Benedicti* aus Paris und Montpellier feststellen, daß eine kritische Ausgabe des *Benedictus Levita* von der Heranziehung der Abreviatio absehen kann; die nahezu abgeschlossenen Benediktus-Studien wird in Fortsetzung der bereits erschienenen Artikel das Neue Archiv bringen.

In derselben Abteilung hat unter Leitung des Hrn. Prof. Zeumer der ständige Mitarbeiter Hr. Dr. Krammer den Druck der *Lex Salica* bis Bogen 8 gefördert, Hr. Privatdozent Dr. Bastgen in Straßburg unter Mitwirkung von Hrn. Dr. Richard Salomon den Druck des *Capitulare de imaginibus* (*Libri Carolini*) bis zum 7. Bogen.

Für die Sektion der *Constitutiones et acta publica* hat Hr. Prof. Schwalm in Hamburg das Namenregister zum 5. Bande drucken lassen (dessen Sach- und Wortregister Hr. Dr. Salomon nahezu druckfertig hergestellt hat) und den Druck des 6. Bandes bis Bogen 16 fortgeführt. Das für diesen Band gesammelte Material wurde von dem Herausgeber auf einer im Sommer vorigen Jahres unternommenen Reise in mittel- und süddeutschen Archiven ergänzt. Hr. Prof. Dr. Pogatscher in Rom stellte ihm eine Reihe von Abschriften oder Kollationen aus dem Vatikanischen Archiv zur Verfügung, und Hr. Dr. Füsslein in Hamburg die Ergebnisse seiner Nachforschungen im Herzoglichen Archiv zu Meiningen. Für die Fortsetzung der *Constitutiones*

aus der Regierungszeit Karls IV. (VIII ff.) haben der Hr. Abteilungsleiter und Hr. Dr. Salomon eine Reihe weiterer Stücke aus den Jahren 1348 und 1349 bearbeitet. Der Druck des 8. Bandes mußte nach Weihnachten unterbrochen werden, weil zuvor noch der Urkundenbestand der Kirche Cambrai im Departementalarchiv zu Lille und das Stadtarchiv in Cambrai zu durchforschen sind; auch ist noch in Lüttich eine bessere Überlieferung der 1881 von Nitzsch veröffentlichten *Positio pro iustificatione iudicii pacis Leodiensis* auszunutzen. Inzwischen haben Hr. Dr. Salomon das Namenregister und der mit dem 1. Jan. 1913 neu eingetretene Mitarbeiter Hr. Dr. Stäbler das Sachregister des 8. Bandes für die Drucklegung vorbereitet. Der Abteilungsleiter war ferner im Zusammenhang der Arbeiten für die Konstitutionen Kaiser Ludwigs mit Untersuchungen über die Gesetze und Erlasse von 1338, insbesondere über die Proklamation *Fidem catholicam* und die Denkschrift *Subscripta*, beschäftigt.

Für die Sammlung der *Tractatus selecti de iure imperii saec. XIII. et XIV.* hat an Stelle des zurückgetretenen Hrn. Prof. Otto Hr. Prof. Richard Scholz in Leipzig die Bearbeitung des *Marsilius von Padua* übernommen. Die Arbeit des Hrn. Archivassistenten Dr. Meyer in Magdeburg an den Schriften des *Lupold von Bebenburg* schreitet erfolgreich vor.

In der Abteilung *Diplomata*, Karolingerserie, setzte der Leiter, Hr. Prof. Tangl, in Verbindung mit Hrn. Archivar Dr. Müller die Arbeiten für die Diplome Ludwigs des Frommen fort. Der neueingetretene ständige Mitarbeiter Archivassistent Hr. Dr. Hein unternahm für die ihm gestellte Aufgabe (Vervollständigung des Apparats für Lothar I.) eine Forschungsreise nach Italien; er besuchte die Staatsarchive in Venedig, Siena, Turin, Mailand, Parma, die Stadtbibliotheken in Udine, Verona, Bergamo, Cremona, San Daniele, die Biblioteca Quiriniana in Brescia, die Ambrosiana in Mailand, die Vaticana und die Viktor-Emanuels-Bibliothek in Rom, die Kapitelarchive in Piacenza, Reggio, Nonantula, Arezzo, Monza, die bischöfliche Bibliothek in Como, die Stiftsbibliothek in Monte Cassino.

Für die Serie *Diplomata saec. XI.* hat Hr. Prof. Bresslau in Modena, Lucca und Mailand eine Anzahl handschriftlicher Vergleichungen vorgenommen; er hofft, mit dem Drucke der von ihm und Hrn. Prof. Dr. Wibel bearbeiteten Diplome Heinrichs III. (Urkunden der deutschen Könige und Kaiser Bd. 5) im Jahre 1914 beginnen zu können.

Hr. Hofrat v. Ottenthal hat für die Serie *Diplomata saec. XII.* mit dem ständigen Mitarbeiter Hrn. Privatdozenten Dr. Hirsch und dem Hilfsarbeiter Hrn. Dr. Samanek die Arbeiten an den Diplomen Lothars III. so weit gefördert, daß im Laufe des nächsten Jahres der Abschluß der Gruppen-, Diktats- und Datierungsuntersuchungen zu erwarten ist.

Der Abteilungsleiter unternahm eine Reise nach Kopenhagen. Hr. Dr. Hirsch durchforschte in Italien weiteres Material aus den Zeiten der drei ersten Staufer, und zwar in Bologna (Notariatsarchiv und Universitätsbibliothek), Parma (Staatsarchiv), Mantua (Staatsarchiv) und Mailand (Staatsarchiv, Ambrosiana, Trivulziana, Kapitelarchiv von San Ambrogio); auch erschloß ihm der Sindaco von Mailand Conte Greppi in entgegenkommendster Weise sein Privatarchiv. Für Zusendungen von Archivalien nach Wien oder sonstige Unterstützung schuldet der Abteilungsleiter seinen Dank u. a. dem Reichsarchiv in München, dem Staatsarchiv in Lübeck, den Archivvorständen von Klosterneuburg und Linz (Diözesanarchiv).

Hr. Prof. Tangl als Leiter der Abteilung *Epistolae* hat für die in der neuen Oktavserie zu veröffentlichende Ausgabe der *Bonifatiusbriefe* die Wiener und die Münchener Handschrift verglichen, die ihm von der K. k. Hofbibliothek und der Kgl. Bayerischen Hof- und Staatsbibliothek bereitwilligst nach Berlin gesandt wurden; die Karlsruher Handschrift bleibt noch zu erledigen. Zur Veröffentlichung in dieser Serie werden weiter in Aussicht genommen zunächst das *Register Gregors VII.* und *Innocentii III. Registrum super negotia imperii Romani.*

Hr. Privatdozent Dr. Perels, der seiner Ausgabe der Briefe des Papstes *Nikolaus I.* nunmehr die Briefe *Hadrians II.* und des *Anastasius Bibliothecarius* folgen lassen wird, durchforschte auf einer längeren Studienreise das einschlägige Material zu Bern (Stadtbibliothek), Mailand (Ambrosiana), Florenz (Bibl. Riccardiana, Laurentiana, Nazionale), Ravenna (Archivio capitulare), Cesena (Bibl. Malatestiana), Venedig (Marciana), Mantua (Bibl. comunale), Rom (Bibl. Vaticana, Vallicellana, Vittorio Emanuele, Casanatense, Angelica, Alessandrina; Archivio Vaticano, Capitolare di S. Pietro, Capitolare di S. Giovanni in Laterano) und Monte Cassino. Zu besonderem Dank verpflichteten ihn Hr. Oberbibliothekar Prof. von Mülinen in Bern, und ebenso wie unsere anderen durch ihre Aufträge nach Mailand geführten Mitarbeiter, der Präfekt der Ambrosianischen Bibliothek, Monsignore Ratti; in Rom Monsignore Cascioli vom Kapitelarchiv von S. Pietro und P. Maderna vom Kapitelarchiv von S. Giovanni in Laterano, Monsignore Stanislao Le Grelle, Hr. G. Buzzi von der Società di storia patria und Hr. F. Schneider vom Kgl. Preußischen Historischen Institut. Endlich hat auch bei diesem Anlaß, wie so oft zuvor, der Hr. Präfekt der Vatikanischen Bibliothek, P. Franz Ehrle, den Monumenta Germaniae sein Wohlwollen bewährt, indem er Hrn. Dr. Perels sowohl bei der Bewältigung des überaus ergiebigen handschriftlichen Materials der Vaticana seine Hilfe lieh, wie andere Sammlungen durch seine Empfehlungen erschloß. Für die Sammlung der Briefe Hadrians II.

stellte Hr. Abt Willibald Hauthaler zu Salzburg die Kollation eines Stückes aus einer im Archiv von St. Peter befindlichen Handschrift zur Verfügung.

Hr. Privatdozent Dr. Caspar hat nach Veröffentlichung seiner Ausgabe des *Registrum Iohannis VIII. papae* im ersten Halbband von *Epistolae* T. VII den zweiten Halbband in Angriff genommen und das Manuskript für die *Epistolae Iohannis VIII. passim collectae*, desgl. die *dubiae et spuriae*, die *Fragmenta registri Stephani V.* nahezu fertiggestellt, die Bearbeitung der *Epistolae Marini I. et Hadriani III.*, der *Epistolae Stephani V. passim collectae*, der *Epistolae Iohannis IX.* begonnen. Im Neuen Archiv XXXVIII veröffentlichte er eine Untersuchung über das Register Gregors VII. unter Heranziehung einer für die Zwecke der geplanten neuen Ausgabe hergestellten Photographie der ganzen Vatikanischen Handschrift.

In der Abteilung *Antiquitates* hat ihr Leiter Hr. Prof. Strecker von den *Rhythmi aevi Merovingici et Carolini*, die den ersten Teil des zweiten Halbbandes von *Poetae Latini* T. IV zu füllen bestimmt sind, 20 Bogen zum Druck befördert. Dieser Halbband wird u. a. auch die von Hrn. Strecker im Neuen Archiv XXXVIII, 1 behandelte polymetrische *Vita S. Galli* von *Notker*, sowie die von Hrn. Prof. Johannes Osternacher in Urfahr (Oberösterreich) zur Bearbeitung übernommene *Ecloga Theoduli* enthalten, an deren Entstehung in karolingischer Zeit wohl nicht zu zweifeln ist; bei Kollationierung der handschriftlichen Überlieferung unterstützten Hrn. Osternacher in weitgehender Weise durch ihre Mitarbeit Hr. Oberbibliothekar Prof. v. Mülinen in Bern und Hr. W. W. Grey vom Trinity College in Cambridge. Den Druck von Nekrologia IV (Passauer Diözese bayrischen Anteils) hat der erzbischöfliche Bibliothekar Hr. Dr. Fastlinger in München bis zum 12. Bogen geführt, den von Bd. V (Passauer Diözese österreichischen Anteils) Hr. Pfarrer Dr. Adalbert Fuchs O. S. B. in Hainfeld (Niederösterreich) bis zum 75. (nur die Registerbogen sind noch nicht abgesetzt), den der Werke des *Aldhelm von Sherborne* (Auctores antiquissimi T. XV) Hr. Geh. Hofrat Prof. Dr. Ehwald in Gotha bis zum 34. Bogen.

In der Plenarversammlung von 1906 hatte Hr. Holder-Egger angeregt, in einem Bande der *Antiquitates* die biographischen Schriften verschiedener mittelalterlicher Verfasser (*de scriptoribus ecclesiasticis, de viris illustribus, de luminaribus ecclesiae* usw.) zu vereinigen. Der jetzige Herr Abteilungsleiter hat sich mit Hrn. Privatdozenten Dr. Paul Lehmann in München wegen Veranstaltung einer solchen Sammlung in Verbindung gesetzt und von ihm eine grundsätzliche Zusage erhalten.

Die Abteilung sagt ihren Dank für Übersendung von Rhythmenhandschriften den Herren Direktoren der Bibliotheken zu Brüssel und

Leiden, für Überlassung eines weiteren Ineditums (vgl. Bericht von 1912) Hrn. Paul Libaert in Rom, für Besorgung von Abschriften oder Kollationen sowie für Erteilung von Auskünften und Mitwirkung bei Lesung der Korrekturen den HH. F. Feigl O. S. B. in Melk, Geh. Hofrat Prof. Dr. A. Holder in Karlsruhe, Dr. Kisky in Köln, Dr. P. Lehmann in München, Prof. Levison in Bonn, Prof. Wilhelm Meyer in Göttingen, Privatdozent Dr. Karl Polheim in Graz, Prof. Dr. Redlich in Wien, Prof. Dr. Fr. Vollmer in München, Prof. Dr. Tangl in Berlin, A. Zák O. Pr. in Pernegg, Dr. Heinrich Zimmermann in Wien.

Die Verwaltung der *Traube-Bibliothek* ist anläßlich der Berufung des Hrn. Dr. Emil Jacobs zum Direktor der Großherzoglichen Universitätsbibliothek zu Freiburg mit dem 1. Oktober 1912 auf den Bibliothekar der Bibliothek des Berliner Kgl. Historischen Seminars, Hrn. Dr. Hoppe, übergegangen. Hrn. Direktor Jacobs sagt die Centraldirection auch an dieser Stelle ihren wärmsten Dank für seine sachkundige und liebevolle Betätigung bei Aufstellung, Verzeichnung und Ausgestaltung der *Traube-Bibliothek*.

Unser Dank gilt weiter den hohen Reichs- und Staatsbehörden, dem Kgl. Preußischen Historischen Institut zu Rom und den Herren Beamten der Handschriften- und der Zeitschriftenabteilung der Kgl. Bibliothek zu Berlin für die fortgesetzt unsern Aufgaben zuteil gewordene Förderung.

Ausgegeben am 8. Mai.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.
XXIII.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

8. Mai. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

*1. Hr. Lenz las über die juristische Facultät an der Berliner Universität unter dem Ministerium Eichhorn.

Entsprechend der wachsenden Spannung in Staat und Gesellschaft Preussens vor der Märzrevolution machte sich in der Facultät, die für den Aufbau des Staates in Recht und Verwaltung maassgebend war, das Vorwalten praktisch-politischer Richtungen geltend; während die Ordinarien ihre Aufgabe überwiegend in dem Sinne eines Wächteramtes für die bedrohten Güter und Rechte der öffentlichen Ordnung in Staat und Kirche ansahen, fassten die Jungen sie eher im Sinne der liberalen Zeitforderungen auf. — Unter diesem Gesichtspunkt werden die leitenden Männer, besonders die Neuberufenen, Stahl, Puchta, Keller und Ämilius Ludwig Richter, charakterisirt.

2. Hr. Lüders legte eine Mittheilung vor: Die Praṇidhi-Bilder im neunten Tempel von Bäzäklik. (Ersch. später.)

Die Bilder, die sich jetzt im Berliner Museum für Völkerkunde befinden, sind mit Aufschriften versehen. Es wird gezeigt, dass diese einem Werke der Sarvāstivādins entnommen sind, das inhaltlich und stilistisch dem Bahubuddhasūtra des Mahāvastu glich. Es wird dann versucht, unter Heranziehung der Repliken die dargestellten Scenen im einzelnen zu deuten und die Widersprüche zu erklären, die zwischen den Aufschriften und den bildlichen Darstellungen bestehen.

3. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: von der mit den Mitteln der Wentzel-Stiftung unternommenen Ausgabe der griechischen christlichen Schriftsteller der ersten drei Jahrhunderte Origenes' Werke Bd. 5. De principiis hrsg. von P. Koetschau (Leipzig 1913); ferner von Hrn. Kuno Meyer: Learning in Ireland in the fifth century and the transmission of letters (Dublin 1913).

Die Śakas und die 'nordarische' Sprache.

Von Heinrich Lüders.

(Vorgelegt am 28. November 1912 [s. Jahrg. 1912 S. 1111].)

Der *kṣatrapa* und spätere *mahākṣatrapa* Caṣṭana, der ΤΙΑϹΤΑΝΟϹ des Ptolemäus, bezeichnet sich in den Brāhmī-Legenden seiner Münzen mit einem Beinamen, den man als *Ghsamotikaputra* zu lesen pflegt[1]. Der Name seines Urenkels erscheint in den Brāhmī-Legenden der Münzen in doppelter Form. Auf den älteren liest man ihn *Dāmaghsada*; auf den jüngeren steht *Dāmajada*[2]. Die letztere Form steht auch auf den Münzen der Söhne des Dāmajada, des Jīvadāman und des Satyadāman[3]. Das letzte *akṣara* dieses Namens wurde von Bhagvānlāl Indrajī *ḍa* gelesen, allein Rapson bemerkt[4], daß das Zeichen sich nicht von der *mātṛkā* des ersten *akṣara* unterscheide. Es kann also nur *da* gelesen werden. Den gleichen Namen tragen noch zwei spätere Mitglieder der Dynastie. Auf ihren Münzen findet sich nur die Namensform *Dāmajada*[5].

Beide Namen, *Ghsamotika* wie *Dāmaghsada* oder *Dāmajada*, sind unzweifelhaft nicht indisch; das angebliche *ghs* muß also ebenso wie das *j* zum Ausdruck eines Lautes verwendet sein, der dem Indischen fehlt. Schon Bhagvānlāl Indrajī hat *ghs* und *j* als Versuche erklärt, ein *z* oder ein *x* wiederzugeben. Beide Deutungen haben ihre Anhänger gefunden. F. W. Thomas hat in seinem Aufsatze 'Sakastana'[6], der sich in seinem letzten Teile mit der Etymologie der indoparthischen und

[1] *Rājño kṣatrapasa Ghsamotikaputrasa ....; rājño mahākṣatrapasa Ghsamotikaputrasa Caṣṭanasa*; Bhagvānlāl Indrajī, JRAS. 1890, S. 643f.; Rapson, JRAS. 1899, S. 370ff.; Rapson, Catalogue of the Coins of the Andhra Dynasty, etc. S. 72ff.

[2] *Rājño mahākṣatrapasa Rudradāmaputrasa rājño kṣatrapasa Dāmaghsadasa; rājño mahākṣatrapasa Rudradāmna putrasa rājña kṣatrapasa* (oder *rājño mahākṣatrapasa*) *Dāmajadaśriya*; Bhagvānlāl Indrajī, a. a. O. S. 648; Rapson, a. a. O. S. 374; Rapson, Cat. S. 80ff.

[3] Rapson, Cat. S. 83ff.; 95.

[4] JRAS. 1899, S. 374; Cat. S. CXXIIf.

[5] Rapson, Cat. S. 115f.; 137ff.

[6] JRAS. 1906, S. 181ff.

indoskythischen Namen beschäftigt, *Ghsamotika* mit av. *ḫšayamna*, 'mächtig', skyth. ΞΙΑΜ(ΦΩΝΑΚΟΣ) zusammenbringen wollen (S. 211), und Konow hat es vor kurzem als Ableitung von **kṣamavant*, 'geduldsam', erklärt[1]. In dem zweiten Bestandteil von *Dāmaghsada* hat anderseits Rapson das persische *zāda*, 'Sohn', wiederfinden wollen[2]. Da es sich hier um Namen handelt, deren Deutung naturgemäß ganz unsicher ist, so haben solche etymologischen Versuche für die Feststellung des Lautwertes der Zeichen gar keinen Wert. An und für sich könnte *ghs* ja wohl einen *x*-Laut von welcher Färbung auch immer bezeichnen; auffallend bleibt nur, daß man zur Bezeichnung eines solchen Lautes nicht einfach das dem Indischen geläufige *kṣ* benutzt haben sollte, zumal in *kṣatrapaḥ* = *ḫšaϑrapāvā* ein Beispiel dafür vorlag. Ganz unglaublich aber ist es, daß dieser Laut in *Dāmajada* durch *j* bezeichnet sein sollte, dessen indischer Lautwert von *x* völlig verschieden ist. Wenn man anderseits *ghs* und *j* als Vertreter eines *z* ansieht, so bereitet das *j* allerdings keine Schwierigkeiten, da es bis auf den heutigen Tag in den indischen Alphabeten zur Bezeichnung eines *z* dient und so schon in alter Zeit verwendet wurde, wie z. B. die Schreibung *Jihoniasa* = ΖΕΙΩΝΙΣΟΥ auf Münzen beweist[3]. Allein unvereinbar mit dieser Auffassung erscheint die Schreibung *ghs*, da diese Konsonantenverbindung doch nicht die geringste Ähnlichkeit mit einem *z* besitzt.

Das Dilemma, aus dem wir so nicht herauskommen, weist darauf hin, daß eins der beiden Zeichen falsch gelesen ist. Natürlich kann es sich dann nur um das *ghsa* handeln. Nun bin ich leider nicht in der Lage, die Lesung an Originalen nachzuprüfen, da das Berliner Münzkabinett keine einzige Münze mit den fraglichen Namen besitzt. Auf den Reproduktionen der Münzen in Rapsons Catalogue glaube ich aber deutlich ein *ysa* anstatt des *ghsa* zu erkennen. Die Zeichen für *ya* und *gha* sind sich in den Inschriften des westlichen Indiens während der ersten Jahrhunderte n. Chr. zum Teil sehr ähnlich, wie ein Blick auf Tafel III von Bühlers Indischer Paläographie zeigt, und auf Münzen sind ähnliche Buchstabenformen natürlich noch schwerer zu unterscheiden. Im allgemeinen aber läßt sich behaupten, daß das *gha* eine gerade Basis hat, auf der die drei Vertikalen ziemlich senkrecht stehen[4],

---

[1] Gött. Gel. Anz. 1912, S. 556.

[2] JRAS. 1899, S. 374.

[3] Rapson, Indian Coins, Plate II, No. 3. Die indische Inschrift ist in Kharoṣṭhī.

[4] Ein *gha* findet sich auf den Münzen der westlichen Kṣatrapas in dem Namen des Saṃghadāman. Nach der Abbildung, die dem Aufsatze von Newton, On Recent Additions to our Knowledge of the Ancient Dynasties of Western India, JBBRAS, Bd. IX, S. 1ff., beigegeben ist (Nr. 7), hat es etwa die Form, die Bühler auf Tafel III unter 10, XIV gibt. Auf der Tafel zu Bhagvānlāl Indrajis Abhandlung (Nr. 9) und in Rapsons Catalogue, Plate XII, No. 378, vermag ich die Form des *gha* nicht zu erkennen.

während das *ya* aus einem Halbkreise oder Bogen mit einer Vertikale in der Mitte besteht. Später wird beim *ya* das linke Ende nach innen umgebogen. Nun ist aber die Grundlinie des ersten Zeichens in der fraglichen Ligatur immer rund. Deutliche Beispiele bieten bei Rapson besonders die Nummern Pl. X, EI; J. B.; 281. Man vergleiche z. B. das Zeichen in X, J. B. mit dem sicheren *ya* von *Jayadāmasa* in 265. Es würde danach also *Ysamotika* und *Dāmaysada* zu lesen sein. Daß das in der Tat der Fall ist, wird durch Bühlers Zeugnis, wie mir scheint, zur Gewißheit erhoben. In seiner Abhandlung 'Die indischen Inschriften und das Alter der indischen Kunstpoesie', S. 48[1], nennt er den Vater des Caṣṭana Ysamotika und bemerkt dazu in einer Anmerkung: 'Eine sehr schön erhaltene Münze, auf welcher dieser Name ganz deutlich lesbar ist, wurde mir vor einigen Jahren von Dr. Burgess gezeigt. Dr. Bhagvānlāl liest den Namen Ghsamotika'. Bühlers Lesung scheint mir unbedingt sicher, weil sie von einem Manne herrührt, der unbestritten zu den besten Kennern indischer Paläographie gehörte, und weil sie in bewußtem Gegensatze zu der Lesung des Pandits aufgestellt ist[2]. Wenn sie, soweit ich sehe, vollständig unbeachtet geblieben ist, so liegt das offenbar daran, daß eine Ligatur *ysa* bis jetzt völlig undenkbar zu sein schien. Allein das hat sich jetzt geändert. In der von Leumann als 'nordarisch' bezeichneten Sprache ist *ys* der gewöhnliche Ausdruck für ein stimmhaftes dentales *z*. Das Zeichen findet sich sehr häufig in Lehnwörtern aus dem Sanskrit, wo es inlautendes indisches *s* vertritt, und in einheimischen Wörtern, wo es iranischem *z* sowohl im Inlaut wie im Anlaut entspricht: *praysāta* = *prasāda*; *aysura* = *asura*; *vāysa* = *bisa*; *balysa* 'Erhabene'; *ysānua* 'Knie'; *ysama-śśandā* 'Erdboden'; *paysān* 'kennen' usw.[3]. Denselben Lautwert hat das Zeichen sicherlich auch in den Namen der Kṣatrapas. *Ysamotika* steht für *Zamotika*, *Dāmaysada* für *Dāmazada*, und zu dem letzteren stimmt, wie schon bemerkt, durchaus die Schreibung *Dāmajada*.

Die Übereinstimmung in der Bezeichnung des *z* durch *ys* in den Texten der 'nordarischen' Sprache und auf den Münzen der westlichen

---

[1] Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wiss. in Wien, Phil. Hist. Cl. Bd. CXXII, Nr. XI.

[2] Ich möchte hier auch auf das Faksimile der Legende einer angeblichen Münze des Ysamotika bei Thomas, JRAS. 1881, S. 526, verweisen. Das erste *akṣara* ist hier ein so deutliches *ysa* wie nur möglich. Rapson wird wahrscheinlich recht haben, wenn er die Münze für eine Münze des Caṣṭana hält, auf der nur der Name des Vaters lesbar war (Cat. S. 71), aber irgendwelcher Korrektur der Lesung, wie er JRAS. 1899, S. 370, meint, bedarf es meiner Ansicht nach nicht.

[3] Ich entnehme diese und die folgenden Beispiele Leumanns Werke 'Zur nordarischen Sprache und Literatur' und der Abhandlung von Konow 'Zwei Handschriftenblätter in der alten arischen Literatursprache aus Chinesisch-Turkistan', oben, Jahrg. 1912, S. 1127 ff.

Kṣatrapas kann nun meines Erachtens unmöglich auf einem Zufall beruhen. Es erscheint mir ausgeschlossen, daß zwei verschiedene Leute an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten unabhängig voneinander auf diesen höchst merkwürdigen Einfall gekommen sein sollten[1]. Die Bezeichnung eines *z* durch *ys* kann nur einmal erfunden sein, entweder in Indien, als man aus der Brāhmī ein Alphabet für die Sprache der fremden Eroberer schuf oder in Zentralasien. Nun fällt die Regierungszeit des Caṣṭana, für die der Gebrauch des *ysa* bezeugt ist, in das zweite Viertel des zweiten Jahrhunderts n. Chr. Die Handschriften in 'nordarischer' Sprache sind um viele Jahrhunderte jünger, und es ist unwahrscheinlich, daß überhaupt eine buddhistische Literatur in dieser oder irgendeiner andern zentralasiatischen Sprache vor der Mitte des zweiten Jahrhunderts n. Chr. existierte. Da kann es wohl als sicher gelten, daß das 'Nordarische' die Ligatur *ys* der Schrift, die für die Sprache der westlichen Kṣatrapas in Indien üblich war, entlehnt hat.

Die westlichen Kṣatrapas aber waren nach allem, was wir ermitteln können, Śakas. Diese Behauptung gründet sich auf die Tatsache, daß Caṣṭana und seine Nachfolger eine Ära gebrauchen, die als die Śaka-Ära bezeichnet wird. Allerdings kommt dieser Name in den Inschriften und auf den Münzen der Dynastie selbst nicht vor. Er ist urkundlich zuerst bezeugt durch die Höhleninschrift des westlichen Calukya Maṅgaleśvara Raṇavikrānta zu Bādāmi, die am Vollmondtage des Kārttika datiert ist, 'als 500 Jahre seit der Krönung des Śaka-Königs verflossen waren'[2]. In der Literatur ist der Name aber, wie Fleet gezeigt hat[3], schon 505 n. Chr. bei Varāhamihira belegt, der einfach von der 'Śaka-Zeit' (*Śakakāla*) spricht. Nach Fleet ist dieser Name erfunden worden, als im 5. Jahrhundert die Astronomen aus gewissen Gründen, auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht, die Ära der westlichen Kṣatrapas für ihre Rechnungen adoptierten. Er behauptet, der Ursprung der Ära sei damals vergessen gewesen; man wußte nur, daß sie von gewissen Fremden gestiftet war, deren Nachkommen hinduisiert worden waren. Dann fährt er fort[4]: 'Now, the leading foreign tribes who down to that time had invaded India were the Yavanas, the Palhavas, and the Śakas. And there is a general grammatical rule (Pāṇini, 2. 2. 34) which requires

---

[1] Leumann, a. a. O. S. 40, meint, man habe dem *y* einen 'mildernden' Einfluß auf das *s* zugeschrieben.

[2] *Śakanṛpatirājyābhiṣekasaṃvatsareṣv atikrānteṣu pañcasu śateṣu*; Kielhorn, List of Inscriptions of Southern India, Nr. 3.

[3] JRAS. 1910, S. 818ff.

[4] Ebenda S. 823f.

that, in composition with *Yavana* or *Palhava*, the base *Śaka* must stand first, as containing fewer vowels: in agreement with which, Patañjali, in his comments on Pāṇini, 2. 4. 10, gives *Śaka-Yavanam* as an instance of certain Dvandva compounds which form neuters singular. The rule apparently did not apply to more than two bases treated all at once. But, the compound *Śaka-Yavanam* having been established, it was natural enough, in prose at least, in adding a mention of the Palhavas, to place the base *Palhava* last: and so we find the term *Śaka-Yavana-Palhava* in one of the Nāsik inscriptions (EI, 8. 60, line 5). In this way, under the effect of a grammatical rule, the Śakas acquired a special prominence in the traditions of the Hindūs. And thus, when a name was wanted by the astronomers for the era of A. D. 78, the name of the Śakas presented itself and was given to it'.

Ich bedaure diesen Ausführungen keine Beweiskraft zubilligen zu können. Die Annahme, von der alles andere abhängt, daß der Ursprung der Ära in Vergessenheit geraten sei, entbehrt jeglicher Begründung. Sie ist um so unwahrscheinlicher, als Fleet selbst die Adoptierung der Ära durch die Astronomen in die erste Hälfte des 5. Jahrhunderts setzt, also nur wenige Jahrzehnte nach 388, dem Jahre, für das der letzte *kṣatrapa* Rudrasiṃha III. bezeugt ist[1]. Warum sollten nun diese Fürsten vergessen haben, welchem Volke sie und ihre Vorfahren angehörten, wenn sie sich auch später mehr oder weniger dem Volke, unter dem sie lebten, assimiliert hatten? Im Gegenteil, gerade diese Dynastie scheint den größten Wert auf die Pflege der Familientraditionen gelegt zu haben. Auf den Münzen wird stets dem Namen des *kṣatrapa* der Vatersname hinzugefügt, etwas was in dieser Zeit in Indien keineswegs selbstverständlich ist, und in den Inschriften werden die Ahnen des regierenden Fürsten zum Teil bis auf den Ururgroßvater angegeben[2]. Oder warum sollten jene Astronomen nichts mehr über die Nationalität der Stifter oder Fortsetzer der Ära gewußt haben, namentlich wenn sie, wie Fleet selbst und offenbar mit Recht annimmt, entweder in Ujjayinī oder in Bharukaccha lebten, also in der früheren Hauptstadt der Dynastie oder in einer Stadt, die sicher zu ihrem Gebiete gehört hatte?

Ist aber die Annahme hinfällig, daß man im fünften Jahrhundert den Ursprung der Kṣatrapas vergessen hatte, so fällt damit auch die Theorie Fleets über die Entstehung des Namens der Ära. Aber auch abgesehen davon scheinen mir die beiden von Fleet angeführten Komposita

---

[1] Rapson, Catalogue, S. CXLIXf.

[2] Z. B. in Nr. 967 meiner Liste.

doch nicht zu genügen, um zu beweisen, daß die Śakas die Rolle, die sie in den Traditionen der Hindus spielen, im Grunde der Kürze ihres Namens verdanken. Die Stelle der Inschrift *Sakayavanapalhavanisūdanasa* ist völlig belanglos. Wie Fleet selbst andeutet, ist die Regel Pāṇ. 2, 2, 34 für mehrgliedrige Komposita gar nicht obligatorisch. Aus dem ersten Vārttika zu der Regel geht deutlich hervor, daß man auch Komposita wie *mṛdaṅgaśaṅkhatūṇavāḥ* für korrekt ansah; man half sich mit der Erklärung, daß das ein Kompositum aus *mṛdaṅga* und *śaṅkhatūṇava* sei. Danach hätte der Verfasser der Inschrift ebensogut auch *Yavanasakapalhava* oder *Palhavasakayavana* bilden können; in Zeile 1, 2 sagt er z. B. ebenso *Himavatamerumadarapavatasamasārasa*, während er, wenn er streng die Paṇineischen Regeln hätte befolgen wollen, *Merumadarahimavatapavatasamasārasa* hätte sagen müssen[1]. Außerdem dürfen wir doch nicht vergessen, daß die Inschrift in Prakrit ist; die Regeln, die die Komposition im Prakrit beherrschen, sind aber vielfach durchaus nicht dieselben wie für das Sanskrit. Es bleibt also als einzige Stütze für Fleets Ansicht das Kompositum *Śakayavanam* im Mahābhāṣya zu Pāṇ. 2, 4, 10. In jener Regel lehrt Pāṇini, daß man Namen von Śūdras, die nicht ausgeschlossen sind (*aniravasita*), zu einem neutralen Dvandva komponiere. Der Ausdruck 'nicht ausgeschlossen' bereitet Schwierigkeiten. Im Mahābhāṣya wird gefragt: 'Wovon nicht ausgeschlossen?'. Antwort: 'Von Āryāvarta nicht ausgeschlossen'. Frage: 'Was ist Āryāvarta?'. Antwort: 'Östlich von Ādarśa, westlich vom Kālakawalde, nördlich vom Himavat, südlich von Pāriyātra'. Erwiderung: 'In dem Falle kommt *Kiṣkindhagandhikam*, *Śakayavanam*, *Sauryakrauñcam* nicht richtig zustande'. Aus dieser Stelle geht doch mit Sicherheit nur hervor, daß den Indern zu Patañjalis Zeit als fremde Völker, die damals außerhalb Āryāvartas lebten, die Śakas und die Yavanas bekannt waren. Da die Regel mit der Stellung der Glieder im Kompositum gar nichts zu tun hat, so hätte Patañjali, wenn in der Vorstellung der Inder ein anderes Volk mit den Yavanas verbunden gewesen wäre, ruhig den Namen dieses Volkes wählen können. Wenn er gerade *Śakayavanam* anführt, so kann man daraus doch höchstens noch schließen, daß die Śakas neben den Yavanas schon damals den Indern als die Hauptrepräsentanten fremder Völker galten.

Für die Zugehörigkeit des Caṣṭana und seiner Nachfolger zum Śakavolke lassen sich außer den Namen der Ära aber auch noch an-

[1] Man vergleiche, wie *Śaka* im Kompositum mit andern Volksnamen z. B. in der Bṛhatsaṃhitā behandelt ist. Er steht bald voran (13, 9; 16, 1; 18, 6), bald in der Mitte (9, 21), bald am Ende (5, 75; 14, 21; 17, 26).

dere Tatsachen anführen. Die Purāṇas kennen unter den fremden Dynastien, die den Andhras folgen, eine Dynastie von 18 oder 16 Śakas. Welche Dynastie soll denn das sein, wenn es nicht die westlichen Kṣatrapas waren? Samudragupta nennt in der Allahābād-Inschrift als die Völker, die seine Gunst durch Geschenke zu erlangen suchten, die Daivaputra-Ṣāhi-Ṣāhānuṣāhis, Śakas, Muruṇḍas, die Saiṃhalas und andere Inselbewohner. Welche Śakas waren dies, wenn es nicht die westlichen Kṣatrapas waren? Samudraguptas Nachfolger, Candragupta II., machte der Herrschaft der Kṣatrapas endgültig ein Ende[1]. Davon erzählt Bāṇa im Harṣacarita (S. 199 f.): 'Der König der Śakas wurde, als er in der Stadt des Feindes mit der Frau eines andern Mannes eine Liebschaft angefangen hatte, von Candragupta, der sich als seine Geliebte verkleidet hatte, ermordet'. Ob diese romantische Geschichte wahr ist, braucht hier nicht untersucht zu werden. Jedenfalls ist hier wieder von einem Śakafürsten die Rede, der mit höchster Wahrscheinlichkeit mit Rudrasiṃha III., dem letzten Kṣatrapa, identifiziert werden muß.

Wenn man Fleets Ausführungen liest, bekommt man fast den Eindruck, als ob es überhaupt keine Śakas im westlichen Indien gegeben habe. Demgegenüber scheint es mir gut auf ein paar inschriftliche Zeugnisse hinzuweisen. In der Nāsik-Inschrift, Nr. 1135 meiner Liste, wird Uṣavadāta, der Sohn des Dīnīka und Schwiegersohn des Nahapāna, ausdrücklich als Śaka bezeichnet[2]. Die Nāsik-Inschrift Nr. 1137 ist eine Urkunde über die Schenkung der Śakanikā[3] Viṣṇudatā, der Tochter des Śaka Agnivarmman. Die Nāsik-Inschriften Nr. 1148 und Nr. 1149 berichten von den Stiftungen des Śaka (oder Saka) Dāmacika Vudhika, eines Schreibers, des Sohnes des Viṣṇudata, die Junnar Inschrift Nr. 1162 von der Stiftung des Saka Āduthuma. Daß vom Ende des ersten Jahrhunderts n. Chr. ab Śakas im westlichen Indien saßen, ist danach zweifellos. Ebenso zweifellos ist, daß Uṣavadāta, der jedenfalls den späteren westlichen Kṣatrapas nahesteht, wenn wir auch verwandtschaftliche Beziehungen zu Caṣṭana nicht feststellen können, ein Śaka war. Das alles sind gewiß nur sekundäre Momente, die aber doch geeignet sind, das Ergebnis, das auf Grund anderer Tatsachen gewonnen ist, zu stützen.

Es fragt sich nun, ob sich auch über jene Übereinstimmung in dem Gebrauche des *ys* für *z* hinaus Beziehungen zwischen dem 'Nordarischen' und der Sprache der Śakas nachweisen lassen. Man wird die Berechtigung, wenigstens diese Frage zu stellen, nicht bestreiten,

[1] Vgl. Rapson, a. a. O. S. CL ff.

[2] Daß vor *Śaka* in der Inschrift eine Lücke ist, kann an der Tatsache nichts ändern.

[3] *-anikā* ist Femininsuffix.

wenn man den Charakter der 'nordarischen' Sprache bedenkt. Das 'Nordarische' ist unzweifelhaft, wie Konow neuerdings nachgewiesen hat[1], eine iranische Sprache. Aber diese Sprache ist mit unzähligen Lehnwörtern aus dem Indischen durchsetzt. Es sind, wie das bei der Art der vorliegenden Texte begreiflich ist, größtenteils Wörter aus der buddhistischen Terminologie oder Wörter für Dinge, die speziell indisch sind, wie *udūmbara* 'Feigenbaum', *kṣattra* 'Sonnenschirm', *ggūttära* '*gotra*' usw. Es gibt aber auch eine ganze Reihe von Lehnwörtern, die sich kaum in eine dieser beiden Kategorien einordnen lassen, wie z. B. *kädäna* 'wegen' (Sk. *kṛtena* oder vielmehr Pr. **kiṭena*, **kiḍena*), *kṣaṇa* 'Augenblick', *gyaḍa*, *jaḍa* 'töricht', *duṣkara* 'schwierig', *samaya* 'Vertrag', *salāva* 'Rede' (Sk. *saṃlāpa*), *väraṇa* 'Wunde' (Sk. *vraṇa*), *atäraña* 'undankbar' (Sk. *akṛtajña*) usw. Natürlich können diese Wörter wie etwa die im Deutschen gebrauchten per, Moment, stupid, diffizil, Kontrakt usw. auf rein literarischem Wege eingedrungen sein. Leichter würde sich diese massenhafte Aufnahme indischen Sprachgutes aber doch erklären, wenn wir annehmen dürften, daß das 'Nordarisch' sprechende Volk längere Zeit auf indischem Boden saß. Das aber würde für die Śakas zutreffen. Nun läßt sich weiter zeigen, daß von den vorher erwähnten Śaka-Namen wenigstens zwei, *Ysamotika* und *Uṣavadāta* Lauteigentümlichkeiten zeigen, die im 'Nordarischen' wiederkehren. *Ysamotika* läßt sich ohne Schwierigkeiten von dem in *ysamaśśandā* 'Erdboden' belegten *ysama* 'Erde' ableiten. Daß ein **ysamavat*, die schwache Form von **ysamavant*, zu **ysamaut* oder, da *au* und *o* auch sonst in der Schreibung beständig wechseln[2], **ysamot* werden mußte, wird durch das von Konow a. a. O. angeführte *kṣamauttätä* 'Mitleid', das auf ein **kṣamaut* aus **kṣamavat* führt, erwiesen. Das *ka* am Ende des Namens könnte auf Indisierung beruhen. Der Name des Schwiegersohnes des Nahapāna erscheint in den Inschriften fünfmal (Nr. 1131 bis 1135 meiner Liste) in der Form *Uṣavadāta*; einmal (Nr. 1099) finden wir *Usabhadāta*, zweimal (Nr. 1097 und 1125)[3] *Usabhadata*. Man hat diesen Namen gewöhnlich als Prakritform von *Ṛṣabhadatta* betrachtet. Damit würde sich *Usabhadata*, das defektive Schreibung für *Usabhadatta* sein kann, ohne weiteres vereinigen lassen. Schon in *Usabhadāta* macht aber die Länge des *ā* von *dāta* Schwierigkeiten: in *datta* pflegt sonst Verlängerung des Vokals unter Vereinfachung der Doppelkonsonanz nicht einzutreten. Nicht erklärlich aus dem Prakrit ist aber die Form *Uṣavadāta*, da hier auch noch ein Über-

---

[1] Gött. Gel. Anz. 1912. S. 551 ff.

[2] Leumann, a. a. O. S. 43 f.

[3] Daß der in Nr. 1097 genannte Usabhadata mit dem Fürsten dieses Namens identisch ist, ist allerdings nicht sicher.

gang von *bh* in *v* angenommen werden müßte, für den sich kein Beleg beibringen läßt. Auch das *ṣ* stört hier; es fällt schwer, es aus dem Streben nach Sanskritisierung zu erklären, da man nicht einsieht, warum dann nicht der ganze Name zu *Ṛṣabhadat(t)a* sanskritisiert wurde. Berücksichtigt man weiter, daß *Uṣavadāta* am häufigsten belegt ist, so scheint es mir klar, daß dies der eigentliche, und zwar ein nichtindischer Name ist, und daß *Usabhadāta*, *Usabhadata* mehr oder weniger fortgeschrittene Prakritisierungen sind. *Uṣavadāta* aber läßt sich aus dem 'Nordarischen' befriedigend erklären. Die Schwierigkeit, die das *v* von *uṣava* bereitet, schwindet, wenn wir *uṣava* als 'nordarisches' Lehnwort aus Sk. *ṛṣabha* betrachten, da intervokalisches *bh* im 'Nordarischen' regelrecht durch *v* vertreten wird, wie *avidharma* = Sk. *abhidharma* zeigt. Ebenso ist das *ṣ* ein im 'Nordarischen' gewöhnlicher Laut. *Dāta* aber ist im 'Nordarischen' belegt im Sinne von '*dharma*'. *Uṣavadāta* würde also einem Sk. *Ṛṣabhadharma* entsprechen.

Dīnīka, der Name des Vaters des Uṣavadāta, gehört wahrscheinlich zu av. *daēnā*, phl. *dīn*. Dies Wort ist im 'Nordarischen' allerdings bisher nicht belegt; nach Analogie von *kṣīra* 'Land' aus ar. **kṣaitra*, *hīna* 'Heer' aus ar. **sainā* müßte es **dīna* lauten. Für *Caṣṭana* und *Dāmaysada* vermag ich vorläufig keine Erklärung vorzuschlagen, ebensowenig für *Āḍuthuma*[1]. Der letztere Name ist aber trotzdem für unsere Frage von Interesse. Während alle andern Śaka-Namen, *Caṣṭana* und *Dāmaysada* nicht ausgeschlossen, deutlich iranisches Gepräge tragen, würde man *Āḍuthuma* wegen des zerebralen *ḍ* zunächst kaum für iranisch halten, denn zerebrale Verschlußlaute sind, außer in indischen Lehnwörtern, den bis dahin bekannten iranischen Sprachen fremd. Das 'Nordarische' aber besitzt, obwohl es eine iranische Sprache ist, tatsächlich zerebrale Verschlußlaute oder wenigstens Verschlußlaute, die den indischen zerebralen Verschlußlauten so ähnlich waren, daß sie durch die Zeichen für diese ausgedrückt werden konnten. Beispiele für *ḍ* in einheimischen Wörtern bieten *bāḍa* 'Zeit', *haḍā* 'Tag' usw. Wenn also *Āḍuthuma* Śakisch ist — und da sich der Mann ausdrücklich als Śaka bezeichnet und der Name sicher nicht indisch ist, können wir es kaum bezweifeln, — so läßt sich der Schluß, daß das Śakische mit dem Nordarischen identisch ist, kaum abweisen.

Die Herrschaft der Śakas war wahrscheinlich nicht auf das westliche Indien beschränkt; wir finden auch im Norden, in Mathurā und in Takṣaśilā, Dynastien von Kṣatrapas, die sicherlich Iranier und wahrscheinlich Śakas waren. Das umfangreichste Denkmal dieser soge-

---

[1] Alle übrigen Namen von Śakas sind indisch.

nannten nördlichen Kṣatrapas ist die Kharoṣṭhī-Inschrift auf dem von Bhagvānlāl Indrajī entdeckten Löwenkapitäl von Mathurā[1]. Sie berichtet von gewissen Schenkungen, die die Hauptgemahlin des *mahākṣatrapa*[2] Rajula (Rājūla) und vielleicht einige ihrer Verwandten an den buddhistischen Orden machten. Die Inschrift enthält die Formel *sarvasa sakastanasa*[3] *puyae*. In der von Bühler herausgegebenen Arbeit Bhagvānlāl Indrajis über die Inschrift[4] ist das übersetzt 'in honour of the whole Sakastana' (S. 540). In der Einleitung wird bemerkt, daß *Sakastana* für *Śakasthāna* stehe, mit dentalem anstatt des palatalen Zischlauts und Verlust der Aspiration des *th* (S. 528). Das Wort bedeutet also 'das Land der Śakas' (S. 530). Aus dem Umstand, daß die Stiftungen zu Ehren des ganzen Sakastana gemacht wurden, wird geschlossen, daß die Stifter Śakas waren (S. 531). Seitdem sind die in der Inschrift genannten Fürsten und ihre Verwandten von den meisten Historikern als Śakas bezeichnet worden. Es sind, wenn wir von Prinzen, die nicht zur Regierung gekommen zu sein scheinen, absehen, der *mahākṣatrapa* Rajula (Rājūla), sein Sohn, der *kṣatrapa* Śudasa[5] (Śuḍāsa), der Sohn der Hauptgemahlin, Kharaosta, der *mahākṣatrapa* Kusulaa Padika, der *kṣatrapa* Mevaki Miyika, der *kṣatrapa* Khardaa. Padika ist identisch mit dem Patika der Kupferplatte von Sir-Sukh aus dem Jahre 78[6], die als seinen Vater den *kṣatrapa* Liaka Kusuluka nennt. Rājūla erscheint unter der Namensform Rājūvula auch in der Mora-Inschrift, Nr. 14 meiner Liste, sein Sohn unter der Namensform Śoḍāsa[7] und mit dem Titel *mahākṣatrapa* in zwei Mathurā-Inschriften, Nr. 59 und 82 meiner Liste, von denen die erste das Jahresdatum 72 trägt. Von Rājūla, Śoḍāsa und Kharaosta sind uns auch Münzen erhalten, die zum Teil für die sprachliche Frage, wie wir sehen werden, von Bedeutung sind.

Gegen die oben angeführte Erklärung der Worte *sarvasa Sakastanasa puyae* hat sich Fleet gewendet. Er erklärte zunächst, JRAS. 1904, S. 703 ff., *sakastana* als das genaue Äquivalent von Pali *sakaṭṭhāna*, Sk. *svakasthāna*, und übersetzte 'for the worship of the whole

[1] Zuletzt herausgegeben von F. W. Thomas, Ep. Ind. IX, S. 135 ff.

[2] Ich gebrauche diesen und andere Titel in der im Sanskrit gebräuchlichen Form ohne Rücksicht auf die Schreibungen, die in den Inschriften erscheinen.

[3] Thomas schreibt *sakrastanasa*. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das angebliche *kra* nur eine Abart des gewöhnlichen *ka* ist, und ich ziehe es vor, um Mißverständnisse zu vermeiden, es durch *ka* wiederzugeben.

[4] JRAS. 1894, S. 525 ff.

[5] Einmal auch *Suḍisa*.

[6] Ep. Ind. IV, S. 54 ff.

[7] In Nr. 82 *Śoṃḍāsa*, das wahrscheinlich nur andere Schreibung für *Śoḍāsa* ist; vgl. S. 422, Anm. 5.

of (*his, her, or their*) own home', 'in honour of his, her, or their whole household'. JRAS. 1905, S. 154 f. ersetzte Fleet diese Deutung durch eine andere, nachdem Hultzsch die Vermutung geäußert hatte, daß *sarvasa* eher der Genitiv eines Eigennamens sei. Er übersetzte nun, mit Ergänzung von *dānaṃ*, '(*a gift*) of Sarva, in honour of his home'. Ausführlich hat endlich Barth, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Comptes rendus 1907, S. 384 ff., die Inschrift behandelt. Er nimmt die Vermutung von Hultzsch an, aber *Sakastanasa* steht nach ihm für *Sākastānasa*, und er übersetzt (S. 393): 'de Sava[1], natif du Sakastana; pour rendre hommage'. Thomas ist in seiner Neuausgabe der Inschrift zu der ursprünglichen Auffassung von Bhagvānlāl Indraji-Bühler zurückgekehrt und übersetzt 'for the honour of all Sakastāna'.

Meines Erachtens hätte sie nie aufgegeben werden sollen. Fleets Erklärung von *sakastana* ist, wie schon Barth hervorgehoben hat, einfach unmöglich, weil *sthāna* niemals, weder im Sanskrit noch im Prakrit, 'Haus' im Sinne von Familie bedeuten kann, wie das hier der Fall sein müßte[2]. Auch lautlich ist die Zurückführung von *stana* auf *sthāna*[3], wenn nicht unmöglich, doch im höchsten Grade unwahrscheinlich, da in dem Dialekt der Inschrift sonst *st* zu *th*, *ṣṭh* zu *ṭh* wird: siehe *thuva*, *pratiṭhavito*, *kaniṭha*. Wenn in *Sarvastivatana*, *Sarvastivatasa* das *st* bleibt, so hat das seinen guten Grund. Wir wissen jetzt, daß die Sarvāstivādins das Sanskrit als kanonische Sprache benutzten. Sie werden sich daher selbst sicherlich als Sarvāstivādins oder Sārvāstivādas bezeichnet haben, und daher wurde diese letztere Form unverändert in den Dialekt übernommen. *Sakastana* ist also überhaupt kein indisches Wort, sondern die iranische Form des Namens des Landes, die bei Isidor von Charax als Cakactanh erscheint.

Für ebenso unmöglich halte ich es auch, daß hier von der Gabe eines Sarva die Rede sein kann. Das Wort *dānam* kann in Weihinschriften fortgelassen werden[4], aber selbstverständlich doch nur dann, wenn der Gegenstand, der die Inschrift trägt, selbst das Objekt der Stiftung ist. Niemand wird aber behaupten wollen, daß das Löwen-

---

[1] Die Lesung *sarvasa* kann jetzt als sicher gelten.

[2] Ich wüßte nicht einmal einen Fall, wo *sthāna* oder *ṭhāna* deutlich auch nur 'Haus' im eigentlichen Sinne bedeutete. Es ist ganz charakteristisch, daß die Phrase *sakaṭṭhānaṃ gam* nur von Tieren oder Göttern oder Personen gebraucht wird, die kein eigentliches Haus besitzen: so z. B. an den von Fleet aus den Jātakas angeführten Stellen von Vögeln (4, 342, 2), Sakka (6, 32, 19), der Göttin Maṇimekhalā (6, 37, 19), Vissakamma (6, 21, 7; 73, 4 f.), Nārada (6, 58, 28), dem *tāpasa* Migājina (6, 61, 20).

[3] Ich bemerke das ausdrücklich im Hinblick auf das von Barth angeführte *Śākyasthāna*, auf das im übrigen nicht eingegangen zu werden braucht.

[4] Beispiele bieten z. B. die Sāñci-Inschriften. Barth läßt den zu ergänzenden Ausdruck unbestimmt; ich wüßte aber beim besten Willen nicht, welches Wort außer *dānam* in Betracht kommen könnte.

kapitäl die Gabe des Sarva sei. Zweitens kommt die Verbindung eines Wortes im Genitiv mit *puyae* in den nördlichen Inschriften oft genug vor; ich wüßte aber nicht, daß der Genitiv in dieser Verbindung jemals etwas anderes wäre als der von *puyae* abhängige objektive Genitiv. Das Wort *puyae* verlangt geradezu die Angabe des Gegenstandes oder der Person, die verehrt werden soll; sie kann nicht fehlen, wie das bei der Auffassung Barths der Fall sein würde[1]. Zu diesen formalen Gründen kommen sachliche hinzu. Fleet verbreitet sich nicht über die Frage, wer denn dieser Sarva eigentlich sein soll; Barth hat eine Antwort zu geben versucht. Er ist der Ansicht, daß ein Teil der Inschriften, die den Stein bedecken, erst in späterer Zeit, als das Kapitäl durch ein Erdbeben oder eine andre Ursache zu Boden gestürzt war, von verschiedenen Leuten und bei verschiedenen Gelegenheiten eingegraben sei. Einer dieser Leute soll Sarva gewesen sein. Barth läßt ihn entweder einen Söldnerführer im Dienste eines indischen Fürsten sein oder einen Kaufmann, der Pferde und Kamele über den Khaiber einzuführen pflegte oder sich vielleicht in Mathurā niedergelassen hatte, oder schließlich einen einfachen buddhistischen Pilger. Man wird es dem verehrten Verfasser, der so oft sein besonnenes Urteil in ähnlichen Fragen bewiesen hat, nicht verübeln, wenn er hier auch einmal einen Flug ins Land der Phantasie wagt. Wir haben nicht den geringsten Anhaltspunkt für die Annahme, daß der Stein schon in alter Zeit am Boden lag und von gelegentlichen Besuchern zur Verewigung ihrer Namen benutzt wurde. Wenn das der Fall gewesen wäre, müßten sich auch Inschriften in Brāhmī auf dem Steine finden, denn die in Mathurā gebräuchliche Schrift war die Brāhmī, und die Löweninschrift ist bis jetzt die einzige Mathurā-Inschrift in Kharoṣṭhī, die eben dadurch verrät, daß sie von landfremden Leuten herrührt. Wenigstens aber müßte man dann doch erwarten, daß sich jene angeblich späteren Inschriften von der ursprünglichen durch die Schriftzüge unterschieden. Das ist nicht der Fall. Die Schrift ist vielmehr durchaus gleichförmig, und das schließt, wie Thomas mit Recht bemerkt, die Annahme von späteren Zusätzen irgendwelcher Art aus. Die Größe der einzelnen Buchstaben variiert allerdings, aber das ist bei Kharoṣṭhī-Inschriften gewöhnlich; ich brauche nur an die Zeda-Inschrift zu erinnern, deren erste Zeichen 8 cm hoch sind, während die letzten nur 3 cm messen. Auch die Anordnung der Zeilen ist ganz unregelmäßig; die Schriftzüge gehen, zum Teil kreuz und quer, über den Mittelblock, die beiden Löwen-

[1] Ich kenne keinen Fall, wo *pūjāyai* oder das Prakritwort dafür allein gebraucht wäre, und ich glaube versichern zu können, daß jedenfalls in den älteren Inschriften kein Fall dieser Art vorkommt.

leiber und sogar die Unterseite. Allein auch diese Unordnung ist bei Inschriften, die sich auf fromme Stiftungen beziehen, wie zahlreiche Beispiele beweisen, nichts Ungewöhnliches[1]. 'Ce sont là œuvres pies, qui comportent bien une certaine publicité, mais une publicité à l'adresse, surtout, de l'autre monde', bemerkt BARTH treffend. Es ist daher meines Erachtens ein Grundfehler, zu glauben, daß auf dem Löwenkapitäl ungefähr zwanzig verschiedene Inschriften ständen. Das Kapitäl enthält nur eine einzige Inschrift, die Urkunde über die Schenkung der Gemahlin des Rājūla und damit in Zusammenhang stehende Schenkungen ihrer Verwandten, wenn es auch bei der Verworrenheit der Anordnung trotz der vortrefflichen Reproduktionen in der Ep. Ind. schwer, ja fast unmöglich ist, sich über die Reihenfolge der Zeilen ein Urteil zu bilden. Alle Interpretationen, die etwas anderes in der Inschrift sehen, halte ich für verfehlt[2].

---

[1] Ich habe zu zeigen versucht, daß auch für die Interpretation der Inschriften von Māṇikiāla und Bhaṭṭiproḷu diese Tatsache von Wichtigkeit ist; JRAS. 1909, S. 660; oben 1912, S. 813. Andere Beispiele bei BARTH, a. a. O. S. 387.

[2] Das gilt vor allem von der Interpretation, die BÜHLER von I gab: 'The army has started in haste, the army is intent on wealth.' Schon THOMAS hat das abgelehnt. Es scheint, daß M, I und J einen Satz bilden: *chatrave Śuḍise imo paḍhraviprateso veyaaṃ dinaṃ* (*dirna*?) *kadhavaro busaparo kadhavaro viya aviya rva*(?) . . . . *paliṣṭe*(?)*na nisimo karita niyatito Sarvastivatana parigrahe. imo paḍhraviprateso* ist doch unzweifelhaft das Stück Land, von dem in A die Rede ist (*se praḍhravipratese*), der *nisimo* der ebenfalls in A erwähnte *nisima*, der auf diesem Stück Land stand. Diese beiden gehörten nicht zu den Gaben der Stifterin, die vielmehr nach A nur die Reliquien in dem *nisima* deponierte und einen *stūpa* und einen *saṅghārāma* schenkte. Wenn sie hier nochmals erwähnt werden, so kann es sich nur um genauere Angaben über ihre Schenkung handeln. Und das ist für den *nisima* sicher, wenn auch die Zeile J 1 fast zerstört ist. Die Angabe über die Stiftung des *nisima* beginnt mit *aviya*, das einem Sk. *api ca* 'und ferner' entspricht. Das *c* des enklitischen *ca* ist *y* geworden, wie in *ayariasa* = *ācāryasya*. Dasselbe *aviya* findet sich am Anfang der genaueren Bestimmungen in der Inschrift der Urne von Wardak, wo Pargiter es fälschlich zu *ariya* verändert (JRAS. 1912, S. 1062). Wenn in dem Vorhergehenden von der Schenkung des Landes die Rede ist, so müssen wir ein Wort für 'gegeben' haben, das nur *dinaṃ* sein kann. Mit diesem *dinaṃ* ist offenbar *chatrave Śuḍise* zu verbinden, in dem ich ebenso wie in B einen Instrumental, und zwar des Pluralis majestatis sehe. Es bleibt *veyaaṃ* . . . . . *kadhavaro busaparo kadhavaro viya. viya* kann wiederum nur Sk. *api ca* sein, mit Verlust des anlautenden *a* nach Vokal. Es ist also von zwei *kadhavaras* die Rede, von denen das eine *veyaaṃ*, das andere *busaparo* ist. Ich kann darin nur nähere Bestimmungen zu *imo paḍhraviprateso* erkennen. *kadhavara* kann kaum Sk. *skandhāvāra* sein, das doch als *khadhavara* erscheinen müßte, sondern enthält wahrscheinlich im ersten Gliede das Wort *kanthā*, das im 'Nordarischen' in der Bedeutung 'Stadt' vorkommt, aber gemeinarisch ist, denn Pāṇini (2. 4. 20; 4. 2. 142; 6. 2. 124; 125) kennt das Wort am Ende von Ortsnamen, wo es zum Teil zu *kantha*, n. geworden ist. Genau in derselben Verwendung finden wir das Wort noch heute in den zahlreichen zentralasiatischen Stadtnamen auf *kand*, *kend*. Da die Lexikographen 'Lehmmauer' als Bedeutung angeben, bezeichnet er ursprünglich wohl einen mit einer solchen Mauer umgebenen Ort. Mit *kanthāvara* wären weiter die im Sk. und allen Prakrits häufigen Ausdrücke *puravara*, *grāmavara* (s. PW. unter *vara*) zu vergleichen. *Veyaaṃ* und *Busaparo* müßten dann

Auch die Worte *sarvasa Sakastanasa puyae* können nur ein Teil der Schenkungsurkunde sein, und sie lassen sich nur dahin verstehen, daß die Schenkung erfolgte 'zu Ehren des ganzen Sakastāna'. Dann aber dürfen wir daraus, meine ich, auch den Schluß ziehen, daß die Stifterin und ihre Verwandten, die ihren Namen nach unzweifelhaft Iranier waren, sich als Angehörige von Sakastāna betrachteten oder, mit andern Worten, Śakas waren. Für den *mahākṣatrapa* Kusulaa Padika und den *kṣatrapa* Mevaki Miyika, von denen nur gesagt wird, daß die Schenkung zu ihren Ehren (*puyae*) erfolgt sei, und für den *kṣatrapa* Khardaa, dessen Verhältnis zu der Schenkung vorläufig überhaupt unklar ist, ist dieser Schluß allerdings nicht zwingend. Am nächsten liegt es aber doch, daß auch diese Personen, die jedenfalls in nächster Beziehung zu der Familie der Stifterin standen, Śakas waren[1].

Die Namen dieser Śakas sind von Thomas, JRAS. 1906, S. 208 ff. und Ep. Ind. IX, S. 139 f. besprochen worden. Er sieht sie teils als 'iranisch', teils als 'skythisch' an. Die meisten sind natürlich, da es sich um eine Inschrift in einem Prakritdialekte handelt, in indischer Weise flektiert. Von männlichen Namen findet sich der Genitiv auf *-asa* in *Rajulasa*, *Kharaostasa*, *Khardaasa*, *Kusulaasa Padikasa*, (*Mevakisa*) *Miyikasa*. Ein Instrumental muß dem Zusammenhange nach in *Hayuarana* und, wie schon bemerkt, in *Śuḍase*, *Śuḍise* vorliegen. Der Nominativ geht auf *-o* aus in *Naüludo*, *Kharaosto*, *Khalaśamuśo*, auf *-a* in *Khalamasa* und *Maja*. Daneben findet sich aber auch ein Nominativ auf *i* in *Kalui*. Neben *Kalui* steht *Kamuio*. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß das ein prakritisiertes *Kamui* ist. Auch der schon aufgeführte Genitiv *Mevakisa*, nach prakritischer Weise gebildet wie

---

Eigennamen sein. Die Stelle wäre also etwa zu übersetzen: 'Von dem *kṣatrapa* Śuḍisa ist dieses Stück Land gegeben worden, (nämlich) der treffliche Ort Veyaa und auch der treffliche Ort Busapara. Und ferner hat .... den *nisima* machen lassen und geschenkt zum Eigentum der Sārvāstivādas.'

Die zweite Stelle, die keine Beziehung zu der Schenkung zu haben scheint, ist K L *ayariasa Budhatevasa utaena ayimisa* (oder *ayimita*), was Thomas übersetzt: 'Through the elevation of the *âchârya* Buddhadeva, Āyimisa.' Ich halte es für viel wahrscheinlicher, daß *utaena* einem Sk. *udakena* entspricht und daß der Satz entweder mit *dhamadana* (H 2) schloß oder ein Wort wie 'gegeben' in dem vorläufig rätselhaften *ayimisa* oder *ayimita* steckt. Der Satz würde sich also auf die Übergabe der Stiftung 'mit Wasser', d. h. unter Ausgießung von Wasser, beziehen. Was sonst noch zu diesem Satze gehört, wage ich allerdings nicht zu bestimmen.

[1] Die zweite Inschrift aus dem nördlichen Indien, in der man eine Erwähnung der Śakas zu finden geglaubt hat (Bühler, Ep. Ind. I, 396; V. Smith, ZDMG. LXI, S. 404 ff.), Nr. 94 meiner Liste, enthält diesen Namen nicht. Die Lösung der Schwierigkeit liegt allerdings ganz wo anders, als wo Fleet, JRAS. 1905, S. 635 ff. sie sucht, wie ich an anderm Orte zu zeigen gedenke.

Śakamunisa (= *Śākyamuneḥ*), läßt auf einen Nominativ *Mevaki* schließen, der mit *Kalui*, *Kamui* auf einer Stufe steht[1]. *Mevaki* ist aber sicherlich ursprünglich ein *a*-Stamm, und so darf man wohl daran erinnern, daß auch das 'Nordarische' von *a*-Stämmen einen Nominativ auf *ä* oder *i* bildet[2].

Auch die Beurteilung der einzelnen Namensformen leidet unter dem Umstande, daß die Namen zum Teil prakritisiert sind oder wenigstens sein können. Wenn das *kha* von *Kharaosta*, wie Thomas annimmt, durch Prakritisierung aus *kṣa* entstanden ist[3], würde der erste Bestandteil des Namens genau zum 'Nordarischen' stimmen, in dem arisch **kṣatra*, nach Analogie von *kṣīra* aus **kṣaitra*, *pūra* aus **putra*, **kṣāra* lauten mußte. Auch der Name *Śoḍāsa* (*Śuḍasa*, *Śuḍisa*) scheint sich durch die konstante Schreibung mit zerebralem *ḍa* zum 'Nordarischen' zu stellen.

Die Mutter der Stifterin heißt *Abuhola*. Thomas bemerkt (Ep. Ind. IX, S. 140), daß *Abuhola* zweifellos aus zwei Gliedern bestehe, *abū*, das in Ἀβουλίτης wiederkehrt, und *hōla*, einer Variante von *hōra*, das in *Spalahora*, dem Namen des Bruders des Vonones, erscheint[4]. Thomas hat dieses *hora* weiter mit einem andern Worte zusammengebracht, das in der Löweninschrift selbst erscheint. Die Fürstin machte die Schenkung zusammen mit einer Anzahl von Verwandten und *atra(te)ūrena horakaparivarena* 'mit dem Harem und der Begleitung von *horakas*'. *Horaka* ist kein indisches Wort. Thomas meint, da *ahura* im Sinne von 'Prinz' gebraucht werde und da sich die Form *hora* in dem gewöhnlichen (sassanidischen) Namen *Hormisdas* finde, so liege kein Grund vor, zu bezweifeln, daß dies die Bedeutung des zweiten Teiles des Namens *Abūhōlā* sei und daß ihr *hōrakāparivāra* ihr 'Gefolge von Prinzessinnen (oder Damen)' sei. Ich habe schon JRAS. 1909, S. 650f. bemerkt, daß es wenig wahrscheinlich sei, daß die Prinzessinnen neben oder vielmehr hinter dem *antaḥpura* erwähnt würden, und daß *horaka* vielmehr die Kurzform eines *hora-*

---

[1] Andere Formen, wie *Ayasia(o?) Komusaa*, von Thomas als Genitiv zu *Ayasi Kōmūsā* gefaßt, *Ayimisa*, müssen als zu unsicher beiseite bleiben.

[2] Leumann, a. a. O. S. 126.

[3] Thomas verweist Ep. Ind. IX, 139 auf den *ksatrapa*-Namen *Kharapallāna* in den Sārnāth-Inschriften (Nr. 925 und 926 meiner Liste) und die verschiedenen Formen für den Namen des Stammes des Nahapāna: *Kṣaharāta*, *Chaharata*, *Khakharāta*, *Khaharāta*. Ich bezweifle, daß das Strichelchen, das an dem *r* von *Kharaostasa* in A 4 erscheint (in E 1 vermag ich es nicht zu erkennen), die Bedeutung *h* hat, wie Thomas anzunehmen geneigt ist. Auf den Münzen lautet der Name sicher *Kharaosta*.

[4] JRAS. 1906, S. 209 hat Thomas *Spalahora* als 'Ahura zum Schilde habend' erklärt; man sollte aber doch in einem solchen Kompositum den Namen des Gottes an erster Stelle erwarten. Justi, Iranisches Namenbuch, S. 496, läßt *hora* unerklärt.

murta sei, das in der Māṇikiāla-Inschrift[1] vorkommt und hier dem Zusammenhange nach einen Beamten bezeichnen muß, der etwas mit dem buddhistischen Kultus zu tun hat. Dieser Terminus findet nun seine Erklärung vielleicht in einem 'nordarischen' Wort. Leumann hat (a. a. O. S. 6) in höchst scharfsinniger Weise erkannt, daß *hora* (auch *haura* geschrieben; Nom. *hori*) im 'Nordarischen' der Vertreter von Sk. *dāna*, 'Gabe, Freigebigkeit' ist. Steckt dieses *hora* in dem *horamurta* und *horaka* der Inschriften, so ist zu erwarten, daß der Titel einem indischen Titel mit *dāna* im ersten Gliede entspricht. Das scheint in der Tat der Fall zu sein. In der Māṇikiāla-Inschrift wird der General Lala, der den Stūpa errichtet, der *horamurta* in dem *vihāra* des *kṣatrapa* Veeśi genannt[2]; in der Kupferplatte von Sir-Sukh erhält Patika, der Sohn des *kṣatrapa* Liaka Kusuluka, der eine Buddhareliquie deponiert und ein Kloster stiftet, den Titel *mahādānapati*[3]. In der Löweninschrift müssen die *horakas* ähnliche hochgestellte Personen sein, die dem buddhistischen Orden gegenüber die Stellung von 'Gabenherren' einnehmen, und offenbar haben wir in den Namen in C—E' Kalui, Naūludo, Kharaosto, Khalamasa, Maja, Kamuio, deren Aufzählung doch einen Zweck haben muß, die Liste dieser *horakas*, die an der Zeremonie der Deponierung der Buddhareliquien teilnahmen[4]. Auch am Ende der Personennamen dürfte ein Wort wie 'Gabe' nicht ungeeignet erscheinen, wenn man bedenkt, daß von den westlichen Kṣatrapas, die Sanskritnamen angenommen haben, ungefähr ein Drittel Namen auf *dāman* tragen, das kaum etwas anderes als 'Gabe' bedeuten kann[5]. Nun ist das Wort *hora*, das Leumann zu

---

[1] Diese Inschrift enthält noch ein anderes Wort, dessen Lautform mit dem 'Nordarischen' übereinstimmt, *ṣavaehi*, Instr. Plur. von *ṣāvaa* = nordar. *ṣṣārā* aus *ṣṣāvaa* (Leumann, a. a. O. S. 49). Da aber anlautendes *śr* auch sonst in dem Dialekt des nordwestlichen Indiens zu *ṣ* wird, so ist es wahrscheinlicher, daß die 'Nordarier' die Form *ṣṣārā* und analoge Formen, wie *ṣṣamaṇa*, *ṣṣadda*, eben diesem Dialekt entlehnten, als daß in der Inschrift das Wort im 'nordarischen' Gewande erscheinen sollte. Die Inschrift enthält ferner zwei Fremdnamen auf *i*, die sich den vorher besprochenen zur Seite stellen, den eines Satrapen, *Veeśi*, und den einer Person, deren Stand nicht angegeben ist, *Khujaci*. Beide sind in indischer Weise flektiert: Instr. *Veeśiena*, *Khujaciena*, Gen. *Veeśisa*.

[2] JRAS. 1910, S. 666.

[3] Ep. Ind. IV, S. 56.

[4] Man könnte auf die Vermutung kommen, daß *horaka* nicht die Kurzform von *horamurta*, sondern von *horapāṭhaka* 'Astrolog' sei, das Mahāvastu III, 178 belegt ist. Allein dagegen spricht, daß Astrologen in keiner andern buddhistischen Inschrift als Teilnehmer an den Stiftungszeremonien erwähnt werden und daß die oben erwähnte Liste von Personennamen dann unerklärt bleiben würde.

[5] Es sind Jayadāman, Rudradāman, Satyadāman, Jīvadāman, Saṃghadāman, Vīradāman, Yaśodāman, Bhartṛdāman. Bei der Wahl gerade von *dāman* anstatt des gewöhnlichen *datta* oder *dinna* hat vielleicht die Rücksicht auf ein einheimisches

ved. *sabar* und *saparyati* stellt, soviel ich weiß, auf das 'Nordarische' beschränkt. Sollte es daher in Zukunft gelingen, den zweiten Bestandteil von *horamurta* im 'Nordarischen' in der Bedeutung 'Herr' nachzuweisen, so könnten nicht nur die obigen Erklärungen, sondern auch die Identität des Nordarischen mit der Sprache jener Fremdherrscher als gesichert gelten; in den bisher veröffentlichten Textstücken habe ich das Wort nicht gefunden.

Wir dürfen aber die Möglichkeit nicht aus den Augen verlieren, daß *horamurta* nur eine ungenaue Wiedergabe des fremdsprachlichen Wortes ist und daß uns dasselbe Wort in anderer Schreibung in drei Brāhmī-Inschriften aus Mathurā vorliegt, die R. D. Bandyopādhyāya zuletzt herausgegeben hat[1]. Die Inschriften sind leider sehr nachlässig geschrieben und, nach den Abklatschen zu urteilen, die ich der Freundlichkeit des Herausgebers verdanke, stellenweise stark verwittert. Am deutlichsten ist das Wort, auf das es hier ankommt, in Nr. 127. Ich lese: *dānaṃ viśvaśikasya Vakamihirasya sahā putreṇa horamurṇḍagena*[2]. In Nr. 141 lautet das dritte Wort *Vvagamihirāsya*[3], das letzte wahrscheinlich *horamurḍvagena*. Das übergeschriebene *r* ist nicht ganz deutlich, aber doch wahrscheinlich, und am unteren Ende des vierten *akṣara* ist ein Strich sichtbar, der dem *va* das Aussehen eines *kha* gibt[4]. Daß aber nur ein *va* gemeint sein kann, zeigt die dritte Inschrift Nr. 128, wo wenigstens das *va* außer allem Zweifel ist. Hier sind die beiden Wörter *Vakamihirasya* und wahrscheinlich *horamurṇaḍvagena* zu lesen; das übergeschriebene *r* ist unsicher, aber möglich. Schon das Schwanken in der Schreibung des letzten Wortes verrät, daß es sich hier um ein Fremdwort handelt, und eine der vorkommenden Verschiedenheiten findet sich gerade auf dem Gebiete des 'Nordarischen' wieder. In den von Hoernle publizierten Siddhamātṛkās und ebenso in der Uṣṇiṣavijayadhāraṇī aus der Steinschen Sammlung[5] steht regelmäßig *ṇḍ* an der Stelle, wo wir *ḍ* erwarten sollten, während in den 'nordarischen' Texten stets *ḍ* geschrieben zu werden scheint[6]. So würde sich auch

dāma mitgespielt, wie es offenbar in *Dāmaysada*, *Spalagadama* vorliegt (vgl. Rapson, a. a. O. S. CV), es scheint mir aber unmöglich, jene Namen als Komposita eines indischen und eines nichtindischen Wortes zu betrachten.

[1] Journ. Proc. Beng. As. Soc. N. S. Vol. V. S. 242 f., Nr. 8—10 = Nr. 127, 128 und 141 meiner Liste.

[2] Den Segenswunsch, der in allen drei Inschriften folgt, lasse ich hier fort.

[3] Das *v* wird auch in dem Segenswunsche in den Sanskritwörtern *devva-* und *bhavvatu* doppelt geschrieben.

[4] Daher las Bandyopādhyāya *Horamudkhatena*.

[5] JRAS. 1911, S. 460 ff. Ich verdanke den Hinweis auf diese Schreibungen Herrn Prof. Konow. Wahrscheinlich erklärt sich so auch die Schreibung *Soṃḍāsa* (für *Soḍāsa*) in der Mathurā-Inschrift Nr. 82 meiner Liste.

[6] Ebenda S. 467.

hier *horamurṇḍagena* neben *horamurḍeagena* erklären. Die Schreibung *horamurṇaḍvagena* kann kaum etwas anderes sein als ein ungeschickter Versuch, die schwierige und im Sanskrit nicht vorkommende Verbindung *rṇḍva* auszudrücken. Was das *va* betrifft, so läßt sich, solange die Etymologie des Wortes nicht feststeht, nur sagen, dass gerade diese *u*-Diphthonge im 'Nordarischen' überaus häufig sind[1]. *Horamurṇḍvaga* kann natürlich der Name des Sohnes des Vagamihira sein; in dem Falle wäre es wohl auf *Ahura Mazda* zurückzuführen. Ebensogut kann man aber auch übersetzen: 'die Gabe des *viśvaśika*[2] Vagamihira samt seinem Sohne, dem *horamurṇḍvaga*' und, da es sich zweifellos um eine buddhistische Stiftungsurkunde handelt, *horamurṇḍvaga* dem *horamurta* und *horaka* der andern Inschriften gleichstellen. Auch der Gebrauch des fremden Wortes wäre hier durchaus begreiflich, da der Stifter ja schon durch seinen Namen als Iranier gekennzeichnet ist[3].

Für die Bestimmung der Nationalität der nördlichen Kṣatrapas kommt, wie schon bemerkt, noch ein Zeugnis in Betracht, das man bisher, soviel ich weiß, für diese Frage unbenutzt gelassen hat, die Legenden ihrer Münzen. Die Gemahlin des Rājūla nennt sich in der Löweninschrift die Mutter des Kharaosta. Von diesem Kharaosta besitzen wir Münzen, die zuletzt Rapson ausführlich behandelt hat[4]. Die Vorderseite zeigt das Bild des Satrapen zu Pferde und eine Inschrift in griechischen Buchstaben: ΧΑΡΑΗШCΤΕΙ CΑΤΡΑΠΕΙ ΑΡΤΑ ΥΟΥ. Die Rückseite trägt das Bild eines Löwen und die Inschrift in Kharoṣṭhī-Schrift: *chatrapasa pra Kharaostasa Arṭasa putrasa*; eine Münze liest *Orṭasa* statt *Arṭasa*. Die Kharoṣṭhī-Legende ist völlig klar bis auf das *pra*, dessen Bedeutung bisher nicht festgestellt ist. Ich möchte

---

[1] Leumann, a. a. O. S. 40 ff.

[2] *Viśvaśika* (*viśvasika* in Nr. 128) scheint ein Hofamt zu bezeichnen; Divyāv. 188 wird von einem Brahmanen erzählt: *sa rājñā Prasenajitā Kauśalena hastimadhyasyopari viśvāsikaḥ* (MSS. *visvāsikaḥ*; *visvāśikaḥ*) *sthāpitaḥ*.

[3] Speziell 'nordarisch' ist der Name aber nicht, da wir nach Analogie von *kṣīra* usw. *-mira* anstatt *-mihira* erwarten müßten. Anderseits ist aber auch gerade bei einem Worte wie *mihira* die Entlehnung aus einem Dialekte in den andern leicht begreiflich.

[4] JRAS. 1905, S. 792 ff. Die Bedenken Bühlers gegen die Identifizierung des Kharaosta der Inschrift mit dem Kharaosta der Münzen sind von Rapson besprochen worden. Der erste Grund, den Bühler anführt, die Verschiedenheit der Namensform, ist durch Rapsons Lesung und die nachher erwähnte Entdeckung Fleets hinfällig geworden. Auch die zweite Schwierigkeit ist, wie mir scheint, schon durch Rapson gelöst worden. Es ist allerdings kaum daran zu zweifeln, daß die Stifterin in der Inschrift die erste Gemahlin des *mahākṣatrapa* Rājūla und die Mutter des *yuvarāja* Kharaosta genannt wird, während sich Kharaosta auf den Münzen als der Sohn des Arṭa oder Orṭa bezeichnet. Aus den Worten der Inschrift geht aber, wie Rapson hervorgehoben hat, keineswegs hervor, daß Kharaosta der Sohn des Rājūla war; er kann sehr wohl der Sohn der Nadasi Akasa aus einer früheren Ehe sein.

es als Abkürzung von *pratima* (= *pratimā*) erklären: 'das Bild des *chatrapa* Kharaosta, des Sohnes des Arta (oder Orta)'. Daß, streng genommen, diese Legende nur für die Vorderseite paßt, scheint mir nichts auszumachen, da die Kharoṣṭhī-Legende offenbar als Übersetzung der griechischen Legende gedacht ist. In der letzteren las noch Rapson den fünften Buchstaben als Μ; daß es ein Η mit dem Lautwerte *h* ist, hat Fleet erkannt[1]. ΑΡΤΑ ΥΟΥ muß dem *Artasa putrasa* der Kharoṣṭhī-Legende entsprechen. Die Form ΥΟϹ für ϒΙΟϹ ist in Griechenland seit dem vierten Jahrhundert bezeugt[2] und kommt, wie Rapson zeigt, auch auf einer parthischen Münze des Gotarzes (AD. 40—51) vor. ΑΡΤΑ scheint eine unflektierte Form zu sein. Es ist sicherlich die Kurzform eines der vielen mit *Arta-* gebildeten iranischen Personennamen. Es bleibt der merkwürdige Ausgang der beiden ersten Formen auf ΕΙ, der bisher unerklärt geblieben ist. Es kann wohl nicht zweifelhaft sein, daß ΕΙ in dieser Zeit den *ī*-Laut bezeichnet; die Formen, um die es sich handelt, sind also *Kharaostī satrapī*. Der Genitiv ΥΟΥ und die Tatsache, daß in der Kharoṣṭhī-Legende die beiden entsprechenden Worte im Genitiv stehen, machen es unzweifelhaft, daß diese Formen auf *-ī* Genitive Singularis sind. Im 'Nordarischen' lautet der Genitiv von *a*-Stämmen auf *ā*, *i* aus. Die Formen der Münzlegenden stehen also den 'nordarischen' Formen nahe, aber sie decken sich nicht völlig mit ihnen. Da die nordarischen Texte so, wie sie uns vorliegen, sicherlich viel jünger sind als die Münzlegenden, so ist natürlich die Annahme nicht ausgeschlossen, daß der Vokal im 'Nordarischen' später verkürzt worden ist. Die Endung *-ī* kann aber natürlich auch aus einem andern iranischen Dialekt stammen; im Soghdischen z. B. liegt der Genitiv Singularis auf *-ī* ja tatsächlich vor.

Eine Bestätigung dieses Ergebnisses liefert die Legende der Münzen des Rājūla oder Rājūvula, des Stiefvaters des Kharaosta. Auf den Münzen, die griechische und indische Legenden tragen, lautet die griechische nach der gewöhnlichen Lesung ΒΑϹΙΛΕΙ ΒΑϹΙΛΕѠϹ ϹѠΤΗΡΟϹ ΡΑΞΥ[3], die indische in Kharoṣṭhī-Charakteren *apratihatacakrasa chatrapasa Rajuvulasa* oder *chatrapasa apratihatacakrasa Rajuvulasa*. Auffallend ist hier der Widerspruch, der zwischen den Titeln der beiden Legenden besteht: dem einfachen 'Satrapen' steht anscheinend ein

---

[1] JRAS. 1907, S. 1029; 1041 ff.

[2] Blass, Aussprache des Griechischen[3], S. 50.

[3] Rapson, Indian Coins, § 33; Plate II, No. 5; Fleet, JRAS. 1907, S. 1026 ff. Für ΡΑΞΥ erscheinen angeblich allerlei Varianten, die Fleet zusammengestellt hat. Sie scheinen mir recht unsicher zu sein.

'König der Könige' gegenüber[1]. Noch auffallender ist die Form ΒΑϹΙΛΕΙ, die natürlich kein Griechisch ist, aber auch nicht Genitiv Pluralis mit iranischer Endung sein kann. Die Lösung dieser Schwierigkeiten hat, wie ich glaube, Andreas gefunden, der vorschlägt, ΒΑϹΙΛΕѠϹ ϹѠΤΗΡΟϹ ΡΑΞΥ ΒΑϹΙΛΕΙ zu lesen. Rājūvula hat unzweifelhaft die Münzen Stratos II. nachgeahmt. Er hat daher unverändert auch die Titel übernommen, die in Stratos Münzlegende erscheinen: ΒΑϹΙΛΕΩϹ ϹΩΤΗΡΟϹ ϹΤΡΑΤΩΝΟϹ ΥΙΟΥ ϹΤΡΑΤΩΝΟϹ[2]. ΡΑΞΥ ΒΑϹΙΛΕΙ macht fast den Eindruck, als ob es eine halb gräzisierte Wiedergabe von Rājūvula sein sollte. Die gewöhnliche Annahme, daß ΡΑΞΥ Abkürzung des Namens sei, weil für den vollen Namen der Raum nicht ausreichte, ist im Grunde recht unwahrscheinlich. Wenn man aus Raummangel etwas abkürzen mußte, so hätte man doch wohl eher die Titel als gerade den Namen gekürzt. Wie dem aber auch sein mag, ΒΑϹΙΛΕΙ ist jedenfalls wieder ein Genitiv Singularis von ΒΑϹΙΛΕΥϹ, das hier als iranisches Lehnwort und daher mit iranischer Flexionsendung erscheint[3].

Gegen die Identifizierung des 'Nordarischen' mit dem Śakischen scheint nun aber eine gewichtige Tatsache zu sprechen. Der Name des Kaṇiṣka erscheint in den griechischen Münzlegenden bald im Genitiv als ΚΑΝΗÞΚΟΥ, bald im Nominativ als ΚΑΝΗÞΚΙ, der des Huviṣka, wie es scheint, stets im Nominativ als ΟΟΗÞΚΙ, ΟΟΗÞΚΕ, ΟΟΗÞΚΟ[4]. In einigen Inschriften von Mathurā, Īsāpur und Sāñci, Nr. 21, 69a, 72, 149a, 161 meiner Liste, werden Kaṇiṣka, Vāsiṣka und Vāsudeva mit dem Titel *ṣāhi* bezeichnet. Das Wort steht stets unmittelbar vor dem Namen und außer in 72 hinter *devaputra*. In 21, 69a, 161 ist es unflektiert; in 72 erhält es die Sanskrit Nominativendung, obwohl der Name im Genitiv steht (*ṣāhir=Vvāsudevasya*); in 149a erscheint es im Genitiv, flektiert wie ein Sk. *i*-Stamm (*ṣāher=Vvāsiṣkasya*). Auf den Münzen führen Kaṇiṣka, Huviṣka und Vāsudeva ferner den Titel ÞΑΟΝΑΝΟ ÞΑΟ. In der Inschrift des Samudragupta zu Allahābād er-

[1] Die zweite Klasse von Münzen dieses Herrschers zeigt die Brāhmīlegende *mahākhatapasa Rājuvulasa* (Fleet, a. a. O. S. 1026); ein Titel wie *rājātirāja* ist aber für Rājūvula nicht bezeugt.

[2] Rapson, a. a. O. Plate II, No. 4.

[3] Andreas schreibt mir: 'Zu der Bezeichnung der Endung des mitteliranischen Casus obliquus durch ει liefert die Liste der kappadokischen Monatsnamen (Lagarde, Ges. Abh. S. 259 ff.) ein sehr schönes Seitenstück. Der Name des vierten Monats lautet dort Τειρει, das ein mitteliranisches *Tīrē* (oder *Tīrī*) wiedergibt; man vergleiche damit armen. *Trē*, den Namen des vierten armenischen Monats, aus *Tīrē*, und χvārizmisch *čīrē* oder *čīrī* (Bērūnī, Chronol. S. 47, جيرى, S. 48 die Hds. جيرى, l. جيرى) = *Tīr*. Die Monats- und Tagnamen erscheinen im Iranischen im Genitiv, da *māh* und *raučah* zu ergänzen sind; vgl. das Sīrōze in Geldners Avesta-Ausgabe II, 260 ff.'

[4] Andere Varianten, die für unsere Frage keine Rolle spielen, übergehe ich.

klärt der König, daß er geehrt werde *Daivaputrasāhiṣāhānuṣāhi-Śaka-Muruṇḍaiḥ*. *Daiputraṣāhi* geht sicherlich auf die Kuṣanas, die allein den Titel *devaputra*, und zwar, wie wir sahen, in Verbindung mit *ṣāhi* führten; die eben erwähnte Münzlegende macht es wahrscheinlich, daß der ganze Ausdruck *daivaputraṣāhiṣāhānuṣāhi* auf sie zu beziehen ist. Wir haben also in den Inschriften und Münzlegenden der Kuṣanas einen Nominativ Sing. auf *i*, einen Genitiv Plur. auf *ānu*[1]. Das sind genau die Endungen, die wir im 'Nordarischen' bei *a*-Stämmen in den betreffenden Formen finden. Es ist das Verdienst A. von Stael-Holsteins, zuerst auf diese Tatsache hingewiesen zu haben[2]. Er hat, da die Kuṣanas Tukhāras waren, daraus den Schluß gezogen, daß der 'nordarischen' Sprache die Bezeichnung 'tocharisch' zukomme. Ich glaube, daß dieser Schluß nicht zwingend ist. Erstens ist damit schwerlich der bekannte Kolophon der Maitreyasamiti zu vereinigen, auf Grund dessen die früher sogenannte 'Sprache I' 'tocharisch' getauft worden ist. Zweitens finden wir unter den zahlreichen Namen von Gottheiten, die auf den Münzen der Kuṣanas erscheinen, auch nicht einen einzigen mit der Endung *i*. Die Übereinstimmung mit dem 'Nordarischen' beschränkt sich also auf den Titel und die Endung der Namen. Wenn es aber richtig ist, daß die nördlichen Kṣatrapas Śakas waren und ihre Sprache das 'Nordarische' war, so würde sich jene Übereinstimmung ohne Schwierigkeit aus den historischen Verhältnissen erklären lassen. Wie man auch über die genaue Zeitbestimmung der nördlichen Kṣatrapas denken mag, sicher ist, daß sämtliche Inschriften aus ihrer Zeit, in Brahmi wie in Kharoṣṭhi, älter sind als die Inschriften aus der Zeit des Kaniṣka und seiner Nachfolger. Wenn also die Paläographie in chronologischen Fragen überhaupt mitzusprechen hat, waren die nördlichen Kṣatrapas die Vorgänger der Kuṣanas im nordwestlichen Indien. Dann aber steht nichts der Annahme im Wege, daß sie die Titel der Sprache ihrer Vorgänger entlehnten und im Zusammenhange damit auch die Namen nach Art dieser Sprache flektierten, so wie sie sie in den griechischen Münzlegenden mit griechischen Endungen versahen.

Es wird niemand einfallen, über die Fragen, die hier behandelt sind, schon jetzt ein definitives Urteil zu fällen. Die Hypothese, die übrigens schon A. von Le Coq angedeutet hat[3], daß das 'Nordarische'

---

[1] Das griechische ΑΝΟ kann für *ānu* stehen, wie ΒΟΔΔΟ für *Buddha* zeigt.

[2] Tocharisch und die Sprache II: Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg 1908, S. 1367 ff.

[3] JRAS. 1909, S. 318: 'Some fragments in Gupta writing and in the language termed by Leumann 'Sprache II', and which I suppose to be, in consequence of geo-

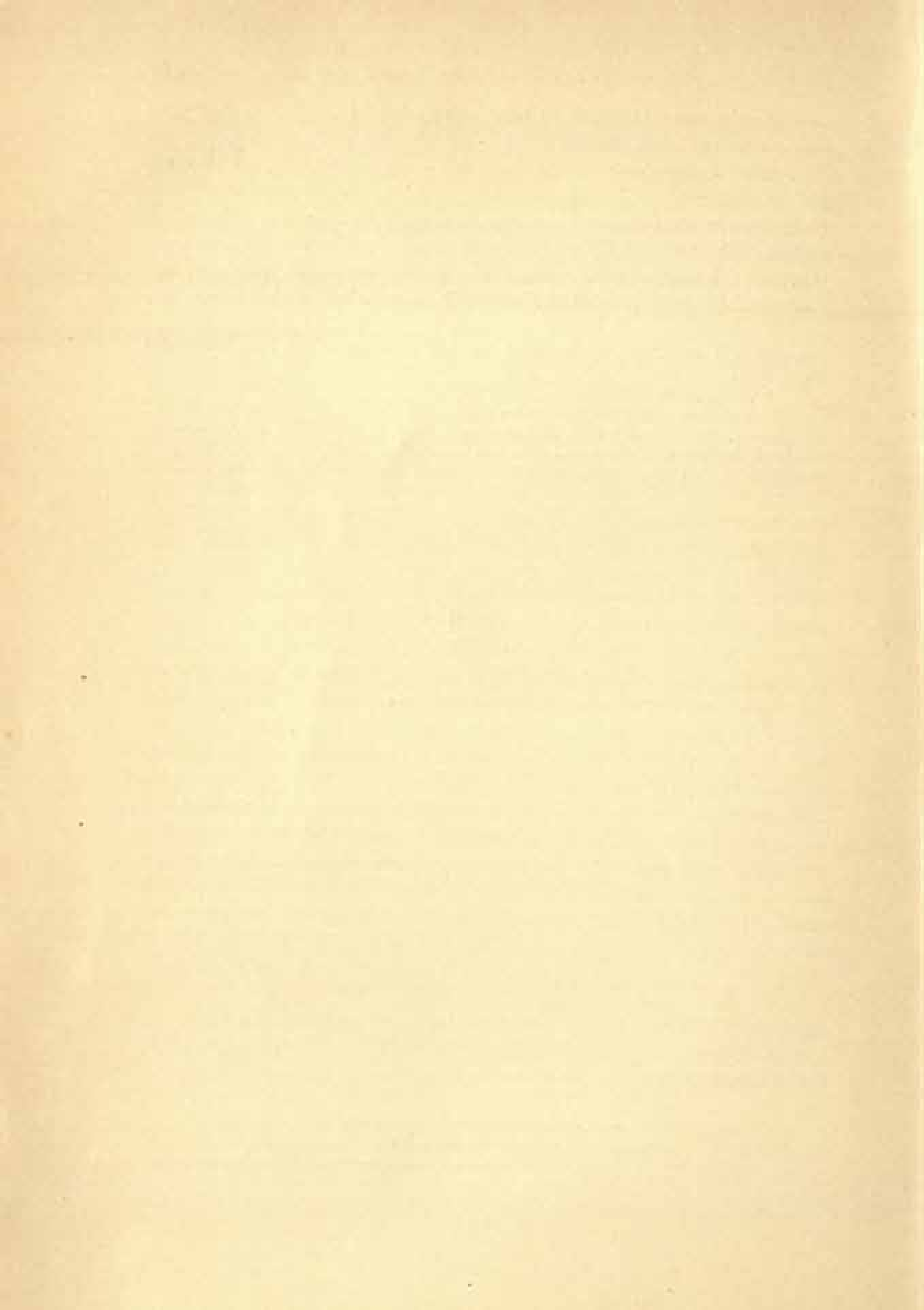
die Sprache der Śakas sei, scheint mir indessen so gute Gründe für sich zu haben, daß ich mich für berechtigt hielt, sie dem Urteil der Iranisten zu unterbreiten. Es freut mich auch mitteilen zu können, daß wenigstens der Punkt, von dem ich bei der Untersuchung ausging, jetzt völlig sicher steht. Von Hrn. D. R. Bhandarkar erhalte ich soeben Abklatsche der vor einigen Jahren in Andhau gefundenen Inschriften des Rudradāman[1]. In allen diesen ist der Name des Vaters des Caṣṭana vollkommen deutlich *Ysāmotika*[2] geschrieben, nicht *Ghsamotika*.

graphical and historical considerations, the lost language of the Saka, were also found here'.

[1] Nr. 964a meiner Liste.

[2] Die Länge in *ysā* scheint mir nicht gegen die oben vorgeschlagene Etymologie zu sprechen. In den Inschriften wird stets auch *Cāṣṭana* geschrieben. Wahrscheinlich entsprach der Vokal in der ersten Silbe der beiden Namen nicht genau dem *saṃvṛta a* des Indischen und man schwankte daher zwischen der Bezeichnung durch *a* und *ā*.

Ausgegeben am 22. Mai.



1913.
XXIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

8. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

*1. Hr. Schwarz las: Über einen Beweis des von Weierstrass ausgesprochenen Satzes: Wenn die Umkehrungsfunction des Integrals eines algebraischen Differentialausdruckes eine endlichvieldeutige Function des Integralwerthes ist, so ist diese Function entweder eine (ein- oder mehrdeutige) elliptische Function, eine algebraische Function einer Exponentialfunction, oder eine algebraische Function.

*2. Hr. Schwarz sprach ferner über ein, wie es scheint, neues elementares Verfahren zum Beweise des Satzes: Unter allen ebenen geradlinigen Vielecken von 2^n Seiten, welche denselben Umfang haben, besitzt das regelmässige 2^n Eck den grössten Flächeninhalt.

3. Hr. Dr. Eugen Fischer, Professor a. d. Universität Freiburg i. B., übersandte ein Exemplar seines Buches: Die Rehobother Bastards und das Bastardierungsproblem beim Menschen (Jena 1913), als Ergebniss seiner von der Humboldt-Stiftung unterstützten anthropologischen und ethnographischen Studien in Deutsch-Südwest-Afrika.

Ein-, zwei- und dreiwertige Linien des Aluminiums in den Kanalstrahlen.

Von Prof. Dr. J. Stark, R. Künzer und G. Wendt
in Aachen.

(Vorgelegt von Hrn. Rubens am 17. April 1913 [s. oben S. 367].)

An anderer Stelle[1] ist der Nachweis geführt worden, daß gewisse Serien des Heliums das positiv einwertige, andere Linien dieses Elements das positiv zweiwertige Heliumatomion als Träger haben; der Kürze halber sind jene Linien einwertig, diese zweiwertig genannt worden. Wie der eine von uns (Stark) darlegte, besteht in den Kanalstrahlen ein Gleichgewicht zwischen zwei- und einwertigen Atomionen, indem zweiwertige Ionen, welche aus dem Durchlaufen des Kathodenfalls eine Geschwindigkeit im »zweiwertigen« Intervall gewonnen haben, durch Anlagerung eines Elektrons (Elektronisierung) einwertig werden und umgekehrt einwertige Ionen, welche aus dem Kathodenfall eine Geschwindigkeit im »einwertigen« Intervall angenommen haben, sich durch Verlust eines zweiten Elektrons infolge eines Stoßes in zweiwertige Ionen verwandeln.

An jener Stelle ist auch ausführlich dargelegt, wie infolge dieser hin und her gehenden Verwandlung von ein- und zweiwertigen Atomionen in den Kanalstrahlen die Unterschiede in den Verteilungskurven der bewegten Intensität ein- und zweiwertiger Linien verringert werden, so daß es unter Umständen schwerhält, sie mit Sicherheit voneinander zu unterscheiden.

Es ist nun auch der Fall möglich, daß ein Element in den Kanalstrahlen gleichzeitig ein-, zwei- und dreiwertige positive Atomionen bildet. Es wird sich dann im allgemeinen zwischen diesen drei Ionenarten ein bewegliches Gleichgewicht herstellen, wobei wir der Einfachheit halber von der Teilnahme neutraler Atomstrahlen an diesem Gleichgewicht absehen wollen. Es werden nämlich erstens positiv dreiwertige Ionen aus dem Kathodenfall eine Geschwindigkeit im dreiwertigen

[1] J. Stark, A. Fischer und H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 40, 499, 1913.

Intervall gewinnen und zum Teil durch eine einmalige Elektronisierung in zweiwertige, durch eine zweimalige Elektronisierung in einwertige Ionen sich verwandeln. Zweitens werden Ionen, die zweiwertig den Kathodenfall durchlaufen und somit eine Geschwindigkeit im zweiwertigen Intervall angenommen haben, einerseits durch einmalige Elektronisierung in einwertige, anderseits durch Stoßionisierung in dreiwertige Ionen übergehen. Drittens können einwertige Ionen, welche aus dem Kathodenfall eine einwertige Geschwindigkeit erlangt haben, durch ein- oder zweimalige Stoßionisierung zwei- oder dreiwertig werden.

In dem Kanalstrahlenbündel ein-, zwei- oder dreiwertiger Atomionen kommen somit drei Geschwindigkeitsintervalle vor, deren obere Grenzen sich wie $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ verhalten. Innerhalb eines jeden dieser drei Intervalle treten im allgemeinen Falle sowohl ein- wie zwei- und dreiwertige positive Atomstrahlen auf; indes werden die Anteile (spez. Zahl) der drei Ionenarten an jedem einzelnen Intervall, jedenfalls im Vorgang der Emission von Serienlinien, nicht gleich groß sein. Auch ist möglich, daß die Emission verschiedenwertiger Serienlinien für eine bestimmte Geschwindigkeit und gleiche spez. Zahl der zugeordneten Ionen verschieden intensiv ist.

Gemäß dem Vorstehenden wird darum sowohl eine ein- wie eine zwei- und dreiwertige Serienlinie gleichzeitig im ein-, zwei- und dreiwertigen Geschwindigkeitsintervall der Kanalstrahlen bewegte Intensität aufweisen. Es werden jedoch die Verteilungskurven der bewegten Intensität für die drei Linienarten gleichwohl in den meisten Fällen charakteristische Unterschiede zeigen, welche ihre Zuordnung zu ein-, zwei- oder dreiwertigen Atomionen ermöglichen. An der erwähnten anderen Stelle hat der eine von uns zwei Wirkungen angegeben, welche die Ausbildung von Unterschieden zwischen verschiedenwertigen Linien in den Kanalstrahlenbildern bedingen. Es können nämlich erstens durch Zurückdrängung der Elektronisierung die höherwertigen Ionen in ihrem Ladungszustand erhalten bleiben; zweitens mögen niederwertige Ionen nicht imstande sein, in einem höherwertigen Geschwindigkeitsintervall durch Stoß Licht in einer niederwertigen Serienlinie zu emittieren, da sie durch die Intensität der Stoßerschütterung bei größerer Geschwindigkeit in höherwertige Ionen übergehen.

Zu diesen die verschiedenwertigen Serienlinien verschieden charakterisierenden zwei Wirkungen kann noch eine dritte hinzutreten. Es mögen nämlich die zwei- und dreiwertigen Ionen in der negativen Glimmschicht oder im Anfang des Dunkelraumes, von wo aus sie nach der Kathode zu anlaufen, in verschiedener Zahl gebildet werden; bei großem Kathodenfall, also bei großer Geschwindigkeit der durch Stoßionisierung die neutralen Atome ladenden Kathodenstrahlen mögen mehr

höherwertige Ionen im Verhältnis zu den niederwertigen erzeugt werden als bei kleinem Kathodenfall. In diesem Falle wird eine dreiwertige Serienlinie bei großem Kathodenfall im dreiwertigen Geschwindigkeitsintervall eine größere bewegte Intensität zeigen als bei kleinem Kathodenfall im Vergleich zu den einwertigen Linien. Diese Überlegung gibt die Anregung, zur Unterscheidung verschiedenwertiger Serienlinien ihre Kanalstrahlenbilder für verschiedene Werte des Kathodenfalls aufzunehmen.

Auf Grund der vorstehenden Überlegungen ist zu verstehen, daß hinsichtlich der Kanalstrahlenbilder ein-, zwei- und dreiwertiger Linien eine große Zahl von Einzelfällen für verschiedene Elemente und Versuchsbedingungen möglich ist. Es wäre verfehlt, ein einziges besonderes theoretisches Schema aufstellen und die mannigfaltigen Beobachtungen in es hineinpressen zu wollen. Die eben gegebenen allgemeinen Überlegungen werden genügen, die Besonderheiten von beobachteten Einzelfällen zu deuten.

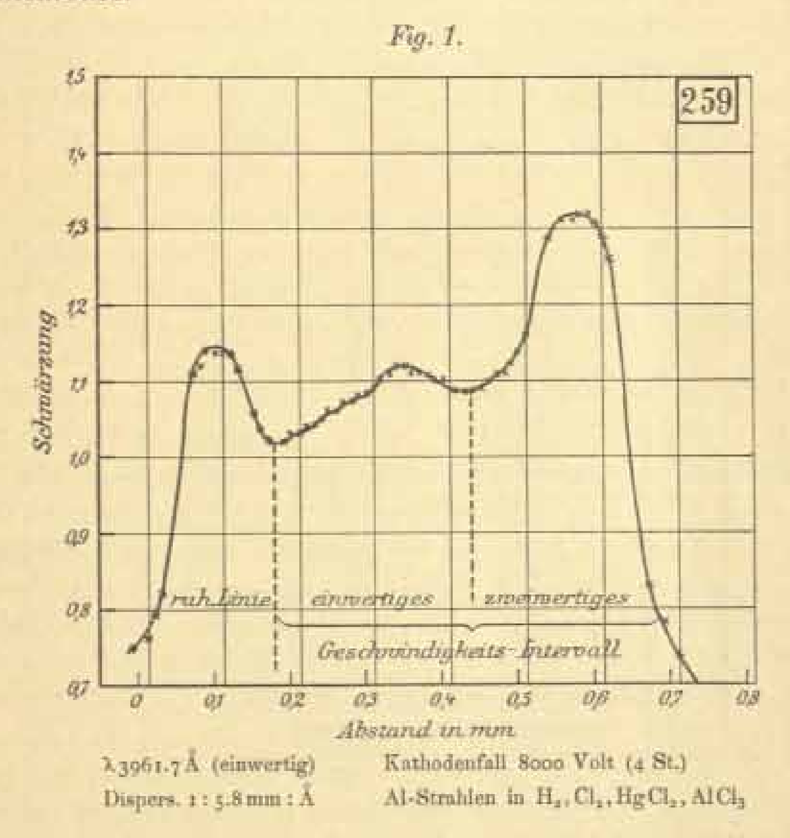
Bereits vor mehreren Jahren hat der eine von uns (Stark) aus spektralanalytischen Beobachtungen[1] an Quecksilber-Kanalstrahlen das Vorkommen von ein-, zwei- und dreiwertigen Linien im Spektrum des Quecksilbers gefolgert; durch neue erweiterte Beobachtungen sind diese Folgerungen, wie an andrer Stelle mitgeteilt werden wird, bestätigt worden. Außer dem Quecksilber haben wir nun in dem Aluminium ein zweites Beispiel für das Vorkommen von ein-, zwei- und dreiwertigen Serienlinien in dem Spektrum eines chemischen Elements aufgefunden. Im folgenden teilen wir die auf diesen Punkt bezüglichen Resultate unsrer Beobachtungen an Aluminium-Kanalstrahlen mit; weitere Resultate über Aluminium, welche die hier gewonnenen bestätigen und noch in andrer Hinsicht interessant sind, wird der eine von uns (Künzer) an andrer Stelle mitteilen.

Der von uns bei den vorliegenden Beobachtungen benutzte Spektrograph war derselbe, welcher zu der erwähnten Untersuchung[2] der Helium-Kanalstrahlen benutzt worden war. Es war lediglich das als Kameraobjektiv benutzte Zeisz-Tessar von 21 cm Brennweite durch ein Tessar von 30 cm Brennweite und 1:3.5 Öffnungsverhältnis ersetzt. Die Form und Größe der Kanalstrahlenröhren war ebenfalls dieselbe wie früher. Das Aluminium wurde zum Auftreten in den Kanalstrahlen erstens dadurch gebracht, daß in einem Seitenrohr in der Nähe der Anode $AlCl_3$ etwas erwärmt wurde. Zweitens trat es in beträchtlicher Menge dann in den Kanalstrahlen auf, wenn $HgCl_2$

[1] J. Stark, W. Hermann und S. Kinoshita, Ann. d. Phys. 21. 462, 1906.
[2] J. Stark, A. Fischer und H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 40. 499, 1913.

in der Nähe der Anode in der Röhre sich befand. Die Strömung durch $HgCl_2$ machte offenbar Cl aus dieser Verbindung frei, und das aus der Vereinigung von Al der Anode und Cl entstehende $AlCl_3$ ging dann durch Erwärmung, wie im ersten Fall, in den Gasraum über. Zur Herstellung eines konstanten Kathodenfalls von 7600—8200 Volt benutzten wir wieder eine Hochspannungsdynamo und eine Batterie; 10000—30000 Volt Kathodenfall machten wir mit Hilfe eines großen Induktoriums unter Vorschaltung einer Ventilröhre vor die Kanalstrahlenröhre.

Fig. 1.



λ3961.7 Å (einwertig) Kathodenfall 8000 Volt (4 St.)
Dispers. 1 : 5.8 mm : Å Al-Strahlen in H_2, Cl_2, $HgCl_2$, $AlCl_3$

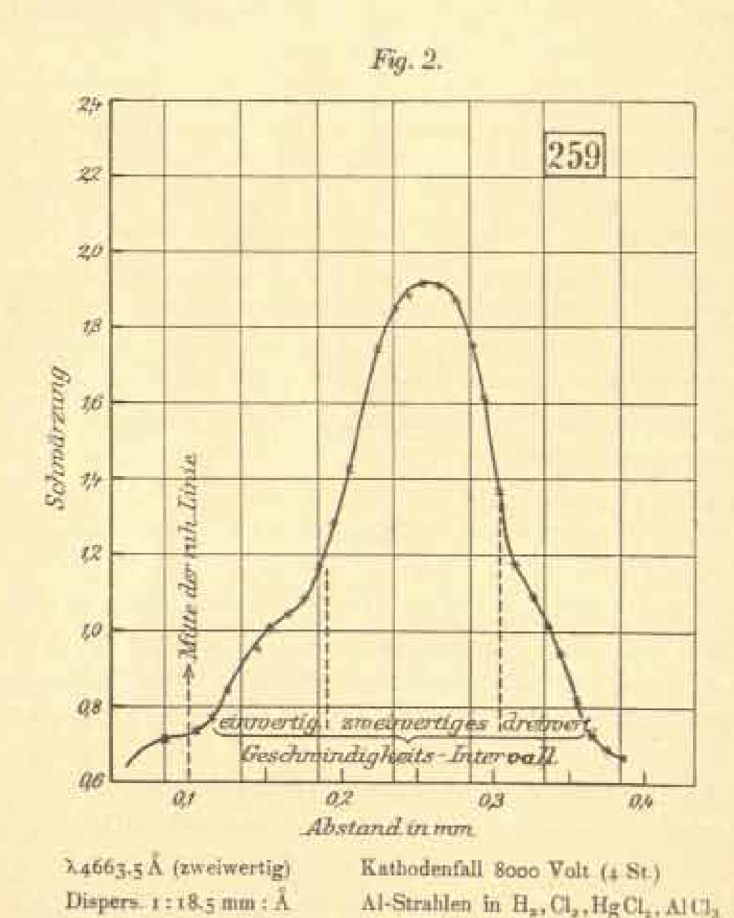
In Fig. 1 und Fig. 2 sind für die Linien Al λ3961.7 Å und Al λ4663.5 Å die bei einem Kathodenfall von 8000 Volt erhaltenen Kanalstrahlenbilder dargestellt. Die Linie Al λ3944.22 Å, welche mit Al λ3961.7 Å zusammen ein Duplet[1] einer zweiten Nebenserie bildet, zeigt das gleiche Bild wie λ3961.7 Å. Beim Vergleich der zwei Figuren hat man die Verschiedenheit der Dispersionen bei den zwei Linien zu beachten. Von einer Umrechnung und Umzeichnung der Kurven

[1] Für dieses Duplet hat der eine von uns bereits früher (J. Stark, Ann. d. Phys. 26, 822, 1908) gelegentlich einer Untersuchung über die Kanalstrahlen in Sauerstoff eine bewegte Intensität beobachtet.

von der Abstands- in die Geschwindigkeits-Abszisse haben wir abgesehen, weil aus photographischen Gründen die Schwärzungen hierbei nicht ungeändert bleiben dürften. Die Singularitäten der Verteilungskurven der bewegten Intensität treten auch in den beobachteten Schwärzungskurven deutlich hervor und lassen einen Vergleich der Linienbilder zu.

Die Linie λ 3961.7 Å zeigt in der Verteilungskurve ihrer bewegten Intensität zwei Maxima und demgemäß zwei Geschwindigkeitsintervalle,

Fig. 2.



λ 4663.5 Å (zweiwertig) Kathodenfall 8000 Volt (4 St.)
Dispers. 1 : 18.5 mm : Å Al-Strahlen in H_2, Cl_2, $HgCl_2$, $AlCl_3$

die Linie λ 4663.5 Å zwei Wendepunkte und demgemäß durch sie getrennt drei Geschwindigkeitsintervalle. Die zweiwertigen Geschwindigkeitsintervalle der zwei Linien entsprechen angenähert einander. Rechnet man nämlich die Abstände der maximalen Schwärzungen von den ruhenden Linien in Geschwindigkeiten um $\left(v = \frac{\Delta\lambda}{\text{Dispersion} \times \lambda} \cdot 3 \cdot 10^{10}\ \text{cm sec}^{-1}\right)$, so erhält man für λ 3961.7 Å eine Geschwindigkeit von $0.9 \cdot 10^7$ cm sec^{-1}, für λ 4663.5 Å eine Geschwindigkeit von $1 \cdot 10^7$ cm sec^{-1}.

Die Eigenheiten der zwei betrachteten Kanalstrahlenbilder lassen sich am besten in folgender Weise[1] erklären. Die Linie λ3961.7 Å ist eine einwertige Linie, hat also ein positiv einwertiges Al-Atomion als Träger; die Linie λ4663.5 Å ist zweiwertig und hat demnach ein positiv zweiwertiges Atomion als Träger. Zwischen den ein- und zweiwertigen Al-Ionen bildet sich bei 8000 Volt Kathodenfall in dem Kanalstrahlenbündel ein Gleichgewicht aus, indem ursprünglich einwertige Ionen von einwertiger Geschwindigkeit durch Stoßionisierung zweiwertig, ursprünglich zweiwertige Ionen von zweiwertiger Geschwindigkeit durch Elektronisierung einwertig werden. Aus diesem Grunde zeigt sowohl die einwertige Linie λ3961.7 Å wie die zweiwertige λ4663.5 Å bewegte Intensität im zweiwertigen Geschwindigkeitsintervall; anderseits weist sowohl die zweiwertige wie die einwertige Linie im einwertigen Geschwindigkeitsintervall bewegte Intensität auf. Ein zu erwartender Unterschied zwischen den zwei Linien besteht indes darin, daß für die zweiwertige Linie die bewegte Intensität im zweiwertigen Intervall sehr viel größer ist als für die einwertige Linie. Daraus, daß bei beiden Linien die bewegte Intensität im zweiwertigen Intervall größer als diejenige im einwertigen ist, läßt sich folgern, daß vor der Kathode mehr zweiwertige Al-Ionen als einwertige gebildet wurden und den Kathodenfall durchliefen.

Ein weiterer Unterschied zwischen der ein- und der zweiwertigen Linie besteht gemäß den zwei Figuren darin, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen bei der zweiwertigen Linie auch noch in einem dreiwertigen Geschwindigkeitsintervall eine beträchtliche bewegte Intensität auftritt, während sie bei der einwertigen Linie fehlt oder wenigstens nicht wahrnehmbar ist. Aus diesem Teil des Bildes der zweiwertigen Linie ist zunächst zu folgern, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen in dem Kanalstrahlenbündel neben ein- und zweiwertigen Al-Ionen auch noch dreiwertige Al-Ionen vor der Kathode gebildet wurden und als solche den Kathodenfall durchliefen; hinter der Kathode gingen sie in zweiwertige Ionen durch Elektronisierung über und konnten die zweiwertige Linie im dreiwertigen Geschwindig-

[1] Die Erklärung, daß das erste Geschwindigkeitsintervall einem positiv einwertigen zweiatomigen Al-Molekül, das zweite Intervall einem positiv einwertigen einatomigen Al-Molekül entspricht, wird durch folgendes Verhältnis ausgeschlossen. Der größte Abstand der bewegten Intensität von der Mitte der ruhenden Linie in Fig. 1 ergibt eine Geschwindigkeit der Emissionsträger von $2.8 \cdot 10^7$ cm sec^{-1}. Selbst wenn man indes ein einwertiges Al-Atom den ganzen Kathodenfall von 8000 Volt frei mit positiver Ladung durchlaufen ließe, berechnet sich für es nur eine Geschwindigkeit $2.2 \cdot 10^7$ cm sec^{-1}. Noch größer würde die Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung ($2.2 \cdot 10^7$ bzw. $3.2 \cdot 10^7$ cm sec^{-1}) werden, wenn man die Verhältnisse bei der Linie λ4663.5 Å durch die Annahme von ein-, zwei- und dreiatomigen Al-Molekülen mit je einer positiven Elementarladung erklären wollte.

keitsintervall mit Licht füllen. Daß diese Ionen zum Teil nicht auch einwertig wurden und für die einwertige Linie in dem dreiwertigen Intervall merkbare bewegte Intensität lieferten, erklärt sich ungezwungen daraus, daß bei der großen dreiwertigen Geschwindigkeit nur sehr wenige Ionen, falls sie einwertig geworden waren, bei einem lichterregenden Stoß einfach geladen bleiben konnten, sondern hierbei in den meisten Fällen wieder durch Stoßionisierung in zwei- oder dreiwertige Ionen übergingen. Für die Beobachtung einer geringen bewegten Intensität im dreiwertigen Intervall war zudem bei λ 3961.7 Å die Dispersion ungünstig groß. Bei Anwendung einer kleineren Dispersion und geeigneten Versuchsbedingungen mag es wohl gelingen, auch bei einer einwertigen Dupletserienlinie des Aluminiums im dreiwertigen Intervall eine schwache bewegte Intensität nachzuweisen.

Die Einführung dreiwertiger Al-Ionen zur Erklärung des dreiwertigen Intervalls im Bild der zweiwertigen Al-Linie λ 4663.5 Å legt uns die Pflicht auf, nach Linien der positiv dreiwertigen Al-Atomionen zu suchen. Auf dem Spektrogramm [259] treten außer den Al-Linien λ 4663.5, λ 3961.7 und λ 3944.2 Å keine weiteren intensiven Al-Linien auf. Entweder kommen also, so mußten wir schließen, in dem Leistungsbereich unseres Spektrographen 5000—3950 Å keine dreiwertigen Al-Linien vor oder, wenn sie vorkommen, dann können sie bei 8000 Volt Kathodenfall keine oder nur eine sehr geringe bewegte Intensität besitzen. Daß das letztere der Fall sei, machte der Umstand wahrscheinlich, daß Aluminium im Funkenspektrum in jenem Spektralbereich drei ziemlich intensive Linien[1] besitzt, nämlich λ 4529.7, λ 4513.0 und λ 4480.0 Å. Aus diesem Grunde machten wir mit Absicht und Überlegung mehrere Al-Kanalstrahlaufnahmen für einen höheren Kathodenfall als 8000 Volt.

Fig. 3 zeigt das Kanalstrahlenbild der dreiwertigen Linie[2] λ 4480.0 Å, Fig. 4 dasjenige der einwertigen λ 3961.7 Å, Fig. 5 dasjenige der zweiwertigen Linie λ 4663.5 Å für einen größeren Kathodenfall. Das gleiche Verhalten wie λ 4480.0 Å Linie zeigen in der Hauptsache die Linien λ 4529.7 und λ 4513.0 Å; indes sehen wir von der Mitteilung der Bilder dieser Linien ab, da λ 4513.0 Å weniger intensiv als λ 4480.0 Å ist und da in das erste Geschwindigkeitsintervall der Linie λ 4529.7 Å störend eine Cl-Linie fällt.

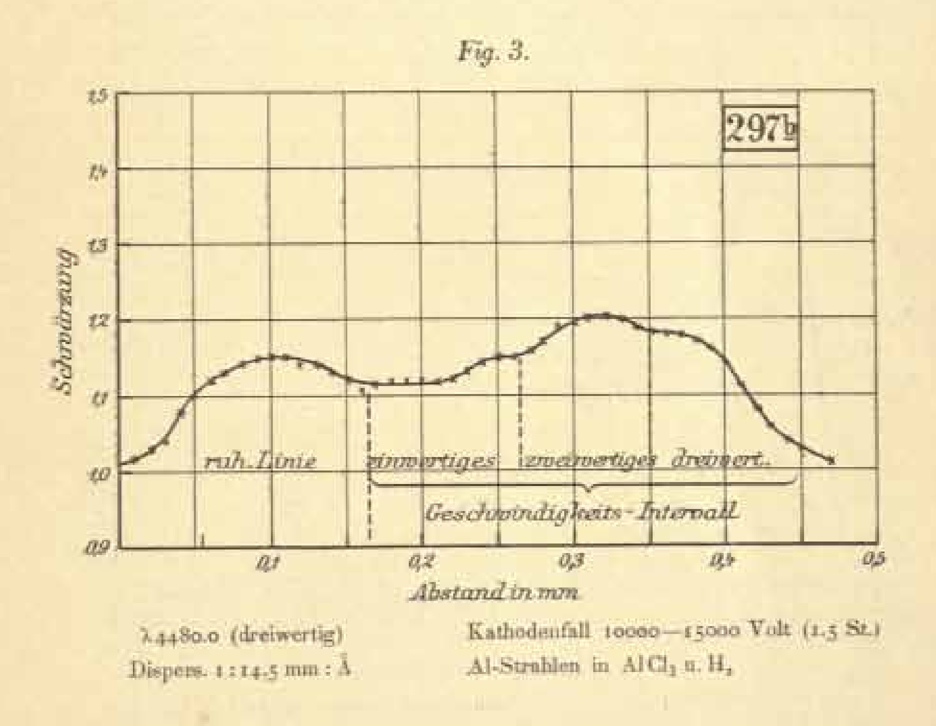
Ehe wir zum Vergleich der Bilder der drei Linien übergehen, ist für die einwertige Linie λ 3961.7 Å eine Eigenheit aus der Dis-

[1] Wellenlängen nach F. Exner und E. Haschek, Tabellen der Funkenlinien, Wien 1902.

[2] Die Breite der ruhenden Linie in Fig. 3 legt die Vermutung nahe, daß sie aus zwei nahe beieinander liegenden Linien besteht.

kussion auszuscheiden. Wie die Fig. 4 erkennen läßt, ist an die ruhende Linie in einem schmalen Geschwindigkeitsintervall eine beträchtliche bewegte Intensität angeklebt. Wie der eine von uns (Stark) auf Grund eines ausgedehnten Beobachtungsmaterials zeigen wird, wird diese bewegte Intensität nicht von einem bewegten Kanalstrahlen-ion an diesem selbst durch Stoß erzeugt (gewöhnliche bewegte Intensität, bewegte Intensität erster Art, »selbstbewegte« Intensität), sondern sie kommt an einem Atom zur Emission, welches von einem Kanalstrahlenteilchen durch Stoß eine gewisse Bewegungsgröße über-

Fig. 3.



λ4480.0 (dreiwertig)
Dispers. 1 : 14.5 mm : Å

Kathodenfall 10000—15000 Volt (1.5 St.)
Al-Strahlen in $AlCl_3$ u. H_2

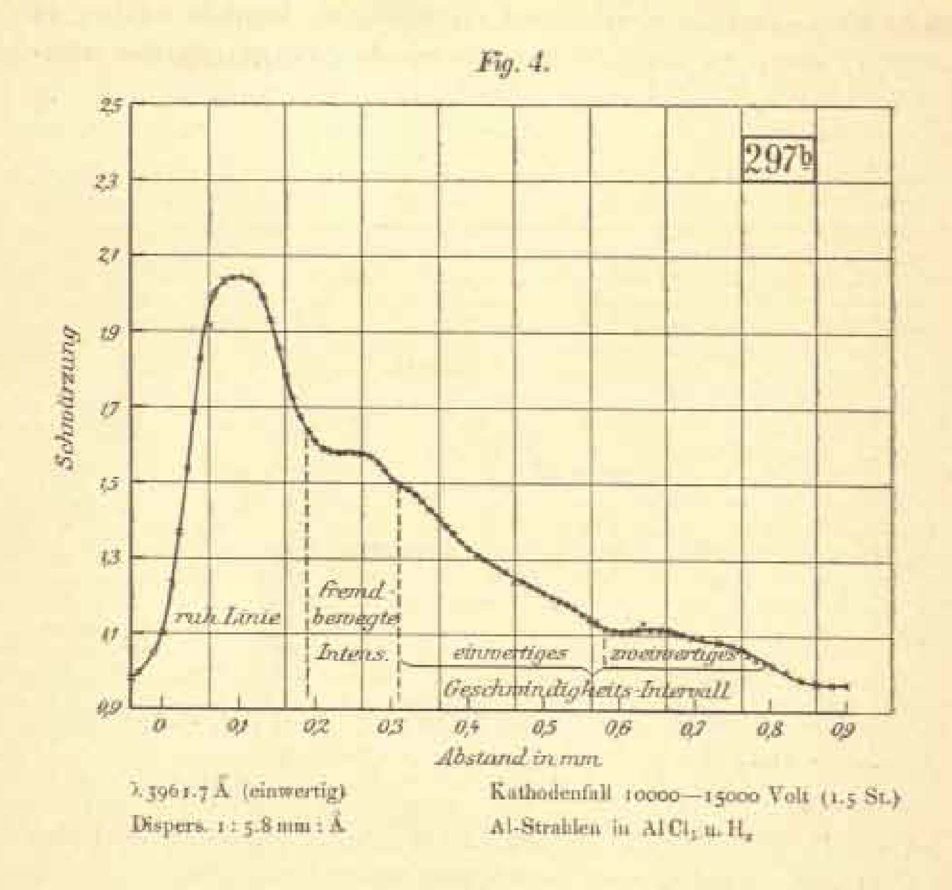
tragen erhält und gleichzeitig zur Lichtemission angeregt wird (bewegte Intensität zweiter Art[1], »fremdbewegte« Intensität).

Fig. 3 läßt für die dreiwertige Linie deutlich das zwei- und dreiwertige Geschwindigkeitsintervall erkennen, die bewegte Intensität im einwertigen Intervall ist dagegen nur gering. Die Linie λ4480.0 Å läßt sich gemäß dem Vorstehenden als dreiwertige Linie auffassen. Hierfür spricht auch der Umstand, daß die bewegte Intensität im dreiwertigen Intervall fast ebenso groß wie diejenige im zweiwertigen Intervall ist, ein Verhältnis, das bei der zweiwertigen Linie λ4663.5 Å für einen kleineren Kathodenfall nicht besteht. Bei einem Kathodenfall von 10000—15000 Volt entstehen darum positiv dreiwertige Al-Kanalstrahlen einerseits in

[1] J. Stark, Physik. Ztschr. 14, 108, 1913.

beträchtlicher Zahl und vermögen anderseits bei großer Geschwindigkeit in merkbarer Zahl im Kanalstrahlenbündel hinter der Kathode ihre dreifache positive Ladung beizubehalten. Neben ihnen bilden sich im zweiwertigen Geschwindigkeitsintervall andre zahlreiche dreiwertige Al-Ionen durch Stoßionisierung aus ursprünglich zweiwertigen Al-Kanalstrahlionen. Endlich treten noch im einwertigen Geschwindigkeitsintervall dreiwertige Al-Ionen in merkbarer Zahl auf; sie sind durch

Fig. 4.



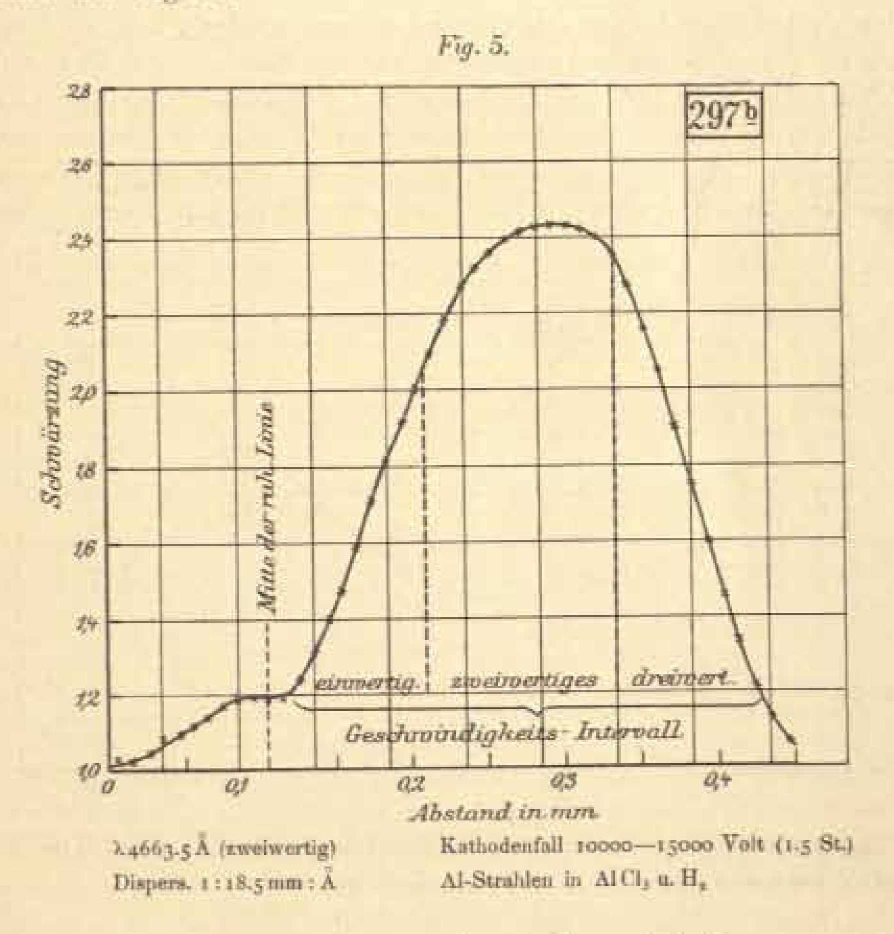
λ 3961.7 Å (einwertig) Kathodenfall 10000—15000 Volt (1.5 St.)
Dispers. 1 : 5.8 mm : Å Al-Strahlen in $AlCl_3$ u. H_2

zweifache Stoßionisierung aus ursprünglich einwertigen Al-Ionen entstanden.

Mit dieser Deutung haben wir bereits wieder einen Teil des Gleichgewichts zwischen ein-, zwei- und dreiwertigen Ionen in den Al-Kanalstrahlen unter den gegebenen Versuchsbedingungen zergliedert. Es gilt auch für das Bild der einwertigen Linie in Fig. 4. In ihm überwiegt die bewegte Intensität in dem einwertigen Geschwindigkeitsintervall von seiten ursprünglich einwertiger Al-Kanalstrahlen. Aber sie ist, wie ein Vergleich mit Fig 1 lehrt, im Verhältnis zur ruhenden Intensität nicht mehr so groß wie bei kleinerem Kathodenfall; dies mag sich daraus erklären, daß bei der größeren Geschwindigkeit

nicht mehr so viele ursprünglich einwertige Ionen einwertig bleiben können, sich vielmehr durch Stoßionisierung in zwei- und dreiwertige Ionen verwandeln. Das gleiche gilt für die sekundär einwertigen Al-Ionen, welche sich durch Elektronisierung aus ursprünglich zweiwertigen Kanalstrahlen gebildet haben; es ist nämlich die bewegte Intensität im zweiwertigen Geschwindigkeitsintervall bei den gegebenen Bedingungen in Fig. 4 nur klein, kleiner als diejenige im einwertigen Intervall in umgekehrtem Verhältnis zu dem Fall in Fig. 1 Daß darum bei der einwertigen Linie für den großen Kathodenfall die bewegte Intensität im dreiwertigen Intervall fehlt, kann noch weniger auffallen als im Falle der Figur 1.

Fig. 5.



λ 4663.5 Å (zweiwertig) Dispers. 1 : 18.5 mm : Å

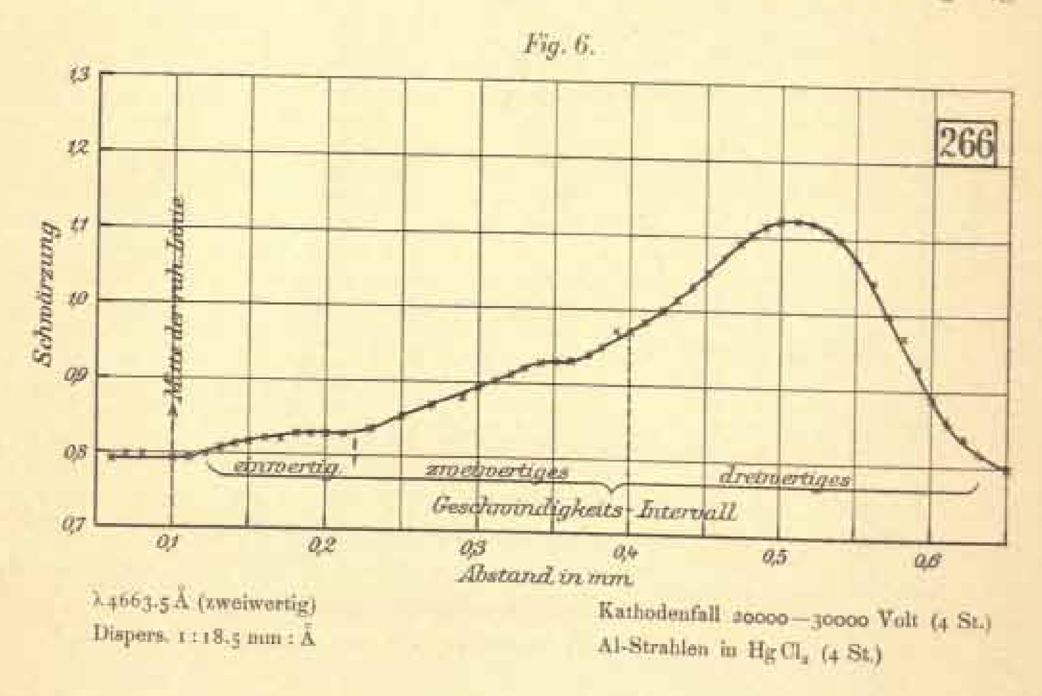
Kathodenfall 10000—15000 Volt (1.5 St.) Al-Strahlen in $AlCl_3$ u. H_2

Dagegen ist unter den gegebenen Versuchsbedingungen für eine zweiwertige Linie in allen drei Geschwindigkeitsintervallen eine beträchtliche bewegte Intensität zu erwarten. Einmal sind nämlich im zweiwertigen Intervall zahlreiche ursprünglich zweiwertige Ionen vorhanden, wie schon aus Fig. 3 sich folgern läßt. Sodann sind zahlreiche ursprünglich einwertige Ionen durch Stoßionisierung in zwei-

wertige übergegangen und vermögen als solche das einwertige Geschwindigkeitsintervall der zweiwertigen Linie λ4663.5 Å mit Intensität zu füllen. Endlich sind gemäß Fig. 3 zahlreiche dreiwertige Al-Ionen vor der Kathode beschleunigt worden; wir dürfen darum im Verhältnis zur Fig. 2 eine gesteigerte Intensität im dreiwertigen Intervall der zweiwertigen Linie erwarten. In Wirklichkeit sind gemäß Fig. 5 die drei Intervalle der zweiwertigen Linie λ4663.5 Å mit Intensität gefüllt, und zwar das erste und dritte so viel stärker als in Fig. 2, daß die Wendepunkte aus der Schwärzungskurve verschwunden sind.

Ist die vorstehende Deutung der Figur 5 richtig, so dürfen wir für einen noch größeren Kathodenfall folgende Verhältnisse erwarten. Es werden dreiwertige Al-Kanalstrahlionen in noch größerer Zahl im Verhältnis zu den ein- und zweiwertigen vor der Kathode gebildet und beschleunigt werden; infolge einer einmaligen Elektronisierung hinter der Kathode werden darum zahlreiche zweiwertige Al-Ionen im dreiwertigen Geschwindigkeitsintervall auftreten, so daß eine zweiwertige Linie im dreiwertigen Intervall eine größere Intensität als im zweiwertigen ge-

Fig. 6.



λ4663.5 Å (zweiwertig)
Dispers. 1 : 18.5 mm : Å

Kathodenfall 20000—30000 Volt (4 St.)
Al-Strahlen in $HgCl_2$ (4 St.)

winnen mag. Dies ist nach Fig. 6 der Fall; sie ist für einen Kathodenfall von 20000 — 30000 Volt in einer $HgCl_2$-Atmosphäre erhalten worden. Die Intensität im einwertigen Intervall ist unter diesen Bedingungen sehr gering; diejenige im dreiwertigen überwiegt beträchtlich die Intensität im zweiwertigen Intervall. Dieselbe Platte [266], von welcher Fig. 6 abgenommen ist, zeigt für die einwertige Linie λ 3961.7 Å selbst

im ersten Intervall nur eine sehr geringe Intensität; die dreiwertige Linie λ 4480.0 Å zeigt nur in großem Abstand von der ruhenden Linie bewegte Intensität. Sie ist indes, wie ja bereits die viel intensivere Linie λ 4663.5 Å im Verhältnis zu [297 b], zu schwach exponiert, als daß ihre Photometrierung sich lohnte.

Resultate.

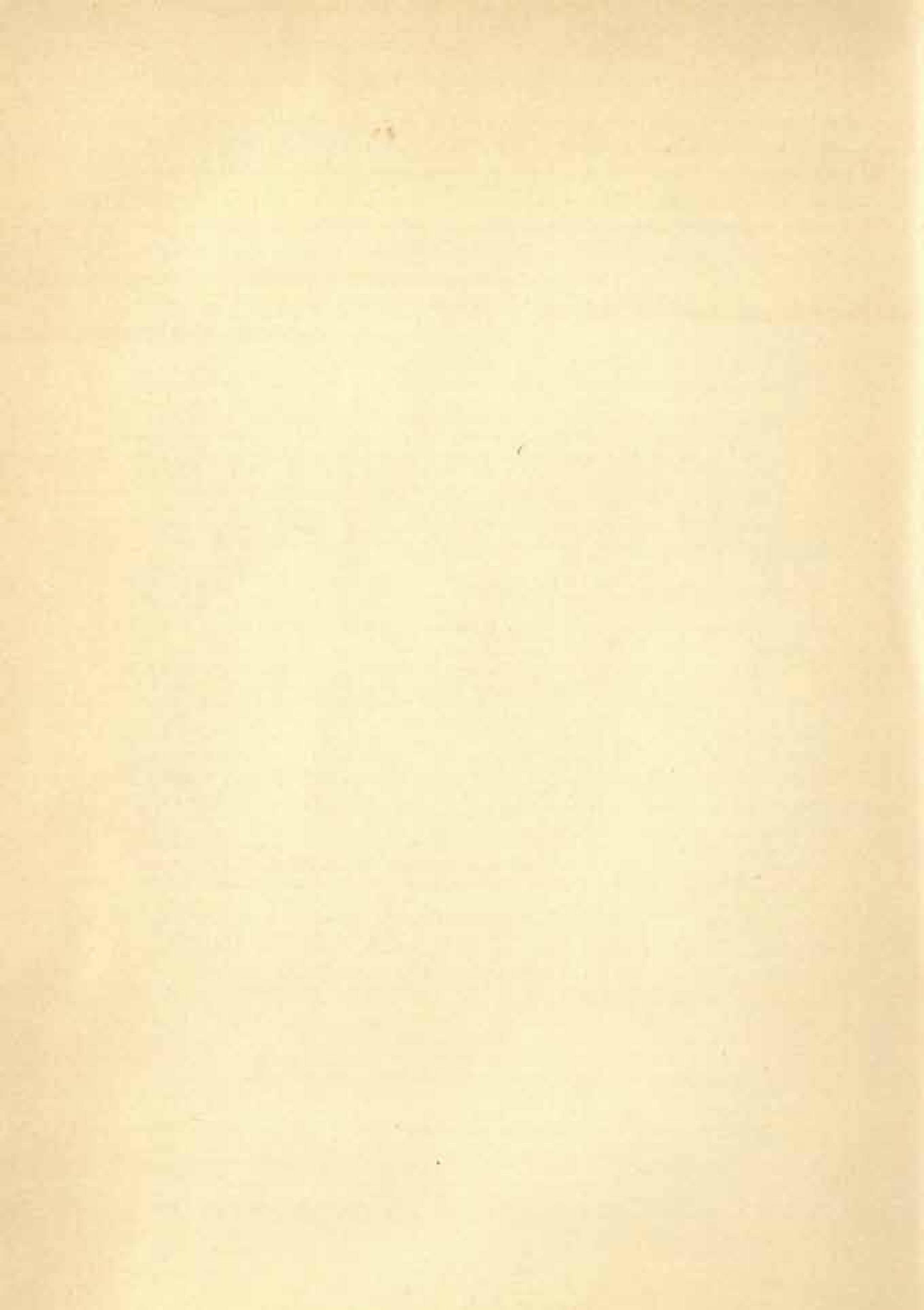
Aluminium vermag in den Kanalstrahlen ein-, zwei- und dreiwertige positive Atomionen vor der Kathode des Glimmstromes zu bilden und demnach Kanalstrahlen in drei Geschwindigkeitsintervallen zu liefern. Bei einem Kathodenfall von weniger als ungefähr 8000 Volt überwiegen in dem Kanalstrahlenbündel hinter der Kathode die ein- und zweiwertigen Al-Ionen an Zahl die dreiwertigen; oberhalb eines Kathodenfalls von 8000 Volt vermögen sich indes auch die dreiwertigen Al-Ionen in merkbarer Zahl im Kanalstrahlenbündel zu halten.

Die ein-, zwei- und dreiwertigen Al-Ionen sind die Träger verschiedener Linienspektra. Zum Spektrum des einwertigen Al-Ions gehört das Duplet λ 3961.7 — 3944.2 Å, zum Spektrum des zweiwertigen die Linie λ 4663.5 Å, zum Spektrum des dreiwertigen Ions gehören die Linien[1] λ 4529.7, λ 4513.0 und λ 4480.0 Å.

[1] Nach der üblichen Gruppierung in Bogen- und Funkenlinien gehören die Al-Duplets zu dem Bogen-, die übrigen obengenannten Linien zu dem Funkenspektrum. In Übereinstimmung mit den Ausführungen des einen von uns (J. Stark, Physik. Ztschr. 14, 102, 1913) haben sich demnach im Falle des Aluminiums die Bogenlinien als einwertig, die Funkenlinien als höherwertig erwiesen. Mit der so gewonnenen Charakterisierung der Al-Linien ist auch folgende Beobachtung des einen von uns (G. Wendt) im Einklang. In schwachem Glimmstrom durch $AlCl_3$ (positive Säule) erscheint im sichtbaren Al-Spektrum nur das obige Al-Duplet, im oszillatorischen Funken zwischen Al-Elektroden in Luft erscheint stark die zweiwertige Linie λ 4463.5 Å, schwächer das Duplet und die Gruppe der dreiwertigen Linien, beim Funken in Wasserstoff fehlt auf der Aufnahme mit dem hier benutzten Spektographen das Duplet, dagegen ist sehr stark die Gruppe der dreiwertigen Linien, sehr viel schwächer als sie die zweiwertige Linie λ 4663.5 Å. Es mag hier noch bemerkt werden, daß im Funken in Wasserstoff die dreiwertigen Linien im Verhältnis zu der zweiwertigen Linie λ 4663.5 Å stark verbreitert erscheinen.

Ausgegeben am 22. Mai.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



1913.
XXV.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

22. Mai. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

*1. Hr. von Wilamowitz-Moellendorff las: »Die Überlieferung der Tragödien des Aischylos.«

Nur eine Handschrift hatte sich aus dem Alterthum erhalten; sie entbehrte natürlich der Worttrennung und in ausgedehntem Maasse der Lesezeichen, enthielt aber zahlreiche Varianten. Das letzte Stück, die Hiketiden, giebt davon noch eine Vorstellung, da es von den Byzantinern am wenigsten bearbeitet ist. Diese Bearbeitung hat in der überall kenntlichen Weise im 9. Jahrhundert begonnen. Eine solche repräsentirt der Mediceus, von dem, ehe er nach Italien kam, keine Abschriften genommen sind. Dann ist von den ersten drei Stücken im 11. oder 12. Jahrhundert eine Ausgabe mit breitem Commentar gemacht, die in mehreren Copieen des 13. Jahrhunderts vorliegt. Eine dritte Überlieferung dieser Dramen ist namentlich bei Thomas und Triclinius nachweisbar. Diese geben auch für Agamemnon und Eumeniden eine leider recht schlechte Nebenüberlieferung.

2. Hr. Kuno Meyer legte vor: »Zur keltischen Wortkunde. III.«

Das Ἔπιδιον ἄκρον des Ptolemäus wird in dem irischen *Aird Echde* nachgewiesen; der Name der Stadt Elgin in Schottland wird als *Elgin* 'Kleinirland' erklärt; ir. *aiste* 'Art, Eigenschaft' wird auf *ad-sem-tjon* zurückgeführt; ir. *facht* 'Böses' dem kymr. *gwarth* gleichgesetzt. Ein mittelir. *ménne* 'Gefolgschaft' wird als Entlehnung aus dem mengl. *meinee* erklärt u. a. m.

3. Vorgelegt wurde der Neudruck des 5. Bandes der von der Akademie unternommenen Kant-Ausgabe (Berlin 1913) und von Hrn. Rubner sein Werk: Die Ernährungsphysiologie der Hefezelle bei alkoholischer Gärung (Leipzig 1913).

4. Zu wissenschaftlichen Unternehmungen hat die Akademie bewilligt: zur Fortführung der Arbeiten für die interakademische Leibniz-Ausgabe ausser 4000 Mark, die dem für die Internationale Association der Akademien bestimmten Fonds entnommen wurden, aus allgemeinen Mitteln noch 3000 Mark; weiter durch die physikalisch-mathematische Classe: Hrn. Engler zur Fortführung des Werkes »Das Pflanzenreich« 2300 Mark; Hrn. F. E. Schulze zur Fortführung des Unternehmens »Das Tierreich« 4000 und zur Fortführung der Arbeiten für den

Nomenclator animalium generum et subgenerum 3000 Mark; Hrn. Penck zu kartographischen und photographischen Aufnahmen von der Höttinger Breccie bei Innsbruck 500 Mark; für eine im Verein mit anderen deutschen Akademien geplante Fortsetzung des Poggendorff'schen biographisch-literarischen Lexikons als zweite von vier Jahresraten 800 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Friedrich Flade in Marburg zu Untersuchungen über das elektrochemische Verhalten der Metalle 500 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Erich Grafe in Heidelberg zu Untersuchungen über den Mechanismus und die Bedeutung der Stickstoffretention mit Ammoniaksalzen 1000 Mark; Hrn. Dr. Walter Horn in Berlin zur Fortführung der Bearbeitung der Insectenfauna der Insel Formosa 500 Mark; Hrn. Prof. Dr. Hermann Jordan in Tübingen zu Untersuchungen am Centralnervensystem wirbelloser Thiere 1200 Mark; Hrn. Dr. Ludwig Keilhack in Haubinda bei Hildburghausen zur Beendigung seiner zoologischen Erforschung der Hochgebirgsseen in den Dauphiné-Alpen 400 Mark; Hrn. Prof. Dr. Max Laue in Zürich zu Untersuchungen über die Interferenzerscheinungen an Röntgenstrahlen 1500 Mark; Hrn. Prof. Dr. Friedrich Meves in Kiel zu Untersuchungen über die Befruchtung bei Seethieren 800 Mark; Hrn. Prof. Dr. Ruppin in Kiel zur Herstellung eines Tiefseethermometers 200 Mark; Hrn. Prof. Dr. Paul Schiefferdecker in Bonn zu Untersuchungen über das Verhalten von Muskeln und Haut bei Menschen und Thieren 400 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Arthur Stähler in Berlin zur Neubestimmung des Atomgewichtes des Tellurs 1000 Mark; Hrn. Privatdocenten Dr. Richard Vogel in Tübingen zu Untersuchungen über die Leuchtorgane bei Käfern 700 Mark.

5. Die Akademie hat auf den Vorschlag der vorberathenden Commission der Bopp-Stiftung aus den Erträgnissen der Stiftung Hrn. Dr. Friedrich Lorentz in Karthaus (Westpreussen) zur Förderung seiner dialektologischen Aufnahmen und Sammlungen 1350 Mark zuerkannt.

Die Akademie hat das ordentliche Mitglied der philosophisch-historischen Classe Erich Schmidt am 30. April und das correspondirende Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe Heinrich Weber in Strassburg am 17. Mai durch den Tod verloren.

Zur keltischen Wortkunde. III.

Von Kuno Meyer.

41. Ἐπίδιον ἄκρον.

Dies von Ptolemäus erwähnte Vorgebirge des westlichen Schottlands, welches seinen Namen daher hatte, daß es in dem Gebiete des Volksstammes der Epidier (Ἐπίδιοι) lag, ist von jeher mit dem felsigen Südende der Halbinsel Cantire[1], dem heute sogenannten 'Mull of Cantire', identifiziert worden. Diese letztere Bezeichnung rührt von den irischen Eroberern und Ansiedlern her und existiert mindestens seit dem 12. Jahrhundert, wo es in der Sage 'Cath Ruiss na Ríg' (LL 172b 8) als *Máel Chinn Tíre* vorkommt.

Es ist mir nun geglückt, in der älteren Literatur Irlands eine ursprünglichere irische Benennung für das Vorgebirge zu finden, die der Namensform bei Ptolemäus entspricht. In der altirischen Erzählung 'Aided Chonrói' wird von einem sagenhaften Helden namens Echde berichtet, daß er in *Aird Echdi i Cinn Tíre* ansässig war[2]. Hier läßt sich *Echdi* entweder als Genitiv des Personennamens Echde fassen, also 'Echdes Höhe', oder als Dativ des Adjektivs *echde*, so daß *Aird Echde* genau Ἐπίδιον ἄκρον wiedergeben würde. Daß letzteres ursprünglich der Fall war, ist zweifellos. Denn der Personenname Echde, welcher nur in dieser Sage vorkommt, ist überhaupt erst aus dem Volksnamen *Epidios* entstanden. Ähnliches ist in irischer Sagenbildung mehrfach geschehen. Das bekannteste Beispiel ist der Name des jungen Cúchulinn, Setanta, der aus dem des britischen Volksstammes der Setantier (Σετάντιοι) gebildet ist, die an der Ulster gegenüberliegenden Küste Britanniens saßen.

Zwei Dinge lassen nun keinen Zweifel mehr zu: daß die Epidier ein britischer Volksstamm waren und daß sie ihren Namen der von ihnen betriebenen Pferdezucht verdankten. Daran hätte bei Kennern keltischer Sprache überhaupt nie Zweifel bestehen sollen und doch

[1] Oder Kintyre. Erstere Form beruht auf dem Nom. *Ceann Tíre*, letztere auf dem Lokativ *Cinn Tíre*.

[2] *Eicde didiu i nAird Ecdai baoi i Cint Tire Fer Ecenvaill*, Ériu II 32. Vgl. Thurneysen, CZ. IX S. 191 § 2.

haben vorgefaßte Meinungen dazu geführt. So gibt RHYS, Celtic Britain S. 225 zunächst den Namen richtig mit 'horsemen' wieder, meint dann aber, weil ihm ein britischer Volksstamm hier nicht paßt, daß irgendein Zufall obgewaltet habe, durch den der ursprünglich mit dem Inselnamen *Ebudae* verwandte Name umgewandelt sei. Ähnlich erklärte STOKES, Linguistic Value of the Irish Annals S. 37 den Namen für piktisch und schlug etymologische Verwandtschaft mit lat. *pecu* usw. vor. Ich erwähne dies hier, weil es immer lehrreich ist, den bisherigen Stand der Forschung durch eine neu aufgefundene Tatsache zu beleuchten. ZIMMER dagegen trat entschieden für britischen Ursprung des Namens ein (Auf welchem Wege kamen die Goidelen nach Irland S. 18); nur ging er darin fehl, daß er ihn ebenso wie ZE. S. 794 dem ir. *Echaid* gleichsetzte, was lautlich unmöglich ist. Vielmehr haben wir es in *epidios* sowohl als in *echde* mit einer gewöhnlichen adjektivischen Bildung auf *-idio-* zu tun, die an den Stamm des bekannten Wortes für Pferd (brit. *epo-*, ir. *equo-*) angetreten ist. Das irische Adjektiv *echde* (*eichde*, *echda*) ist öfter belegt[1]. Ich führe z. B. an: *fil euchu eichdiu*, CZ II 315, 22; *co moing eachda* 'mit einer Pferdemähne', YBL 12b 33; *teora monga echda úathmara*, Br. D. D. 130; *cúlmonga duba echda foraib*, ib.

Auch eine der Hebriden heißt nach Ptolemäus Ἐπίδιον, also 'Pferdeinsel', und in 'Aided Chonrói' wird ein *Tor Echde* 'Echdes Turm' oder 'Turris Epidia' erwähnt[2].

Schließlich bemerke ich noch, daß Cantire seit alters der Sitz des Clans der M'Echern ist, die ihren Namen von einem eponymen Echthigern, d. h. 'Roßherr', herleiten.

42. Namen für Irland auf schottischem Boden.

Bekanntlich gibt es zur Benennung von Irland im Altirischen außer *Ériu* noch andere Namen, die allerdings nur in dichterischer Sprache vorkommen. Es sind ihrer vier: *Banba*, *Elg*[3], *Fótla* und *Fál*. Während die ersten drei, obgleich ihr Ursprung dunkel ist, von Haus aus die Insel bezeichnen, ist die ursprüngliche Bedeutung von *Fál* unsicher. Es wird zunächst kurz für den *lia Fáil* genannten Krönungsstein in Tara gebraucht[4]. Daher bedeutet z. B. die öfter auf irische Könige angewendete Redensart *co Fál* 'bis hin zu Fál', daß sie zu-

[1] Ein entsprechendes kymrisches Adjektiv gibt es nicht.

[2] *co mbátar oc Tur Echdi*, CZ. IX 191 § 3 (*og tor Echde*, Ériu II 32, 2).

[3] *Elg* (*Elgg*) f., Gen. *Elgga* LL 45a 22, 81b 41, *Eilgi* 377b 16, Dat. *Eilgg* 49b 44. Der Name liegt wohl auch in *Druimm n Elgga* vor, ein Bergrücken, der später *Druimm Fingin* hieß (LL 198b 4 und 15). Vgl. *Druimm n Alban*.

[4] Siehe Rev. Celt. XV 281 § 13.

gleich Oberkönige von Irland waren[1]. Dann wird *Inis Fáil*, *Fáilinis* (LL 128b 21), *Mag Fáil* und schließlich *Fál* selber zur Bezeichnung für Irland.

Es ist nun merkwürdig, daß sich die drei zuerst genannten Namen und vielleicht auch *Ériu* selbst als Ortsnamen im nordöstlichen Schottland wiederfinden, wie dies mit Ausnahme von *Elg* schon von Skene, 'Celtic Scotland' I, S. 220, kurz bemerkt worden ist[2]. Der Name *Banba* liegt in dem heutigen Banff vor, der Hauptstadt von Banffshire, im Buche von Deir (S. 39a) *Banb* (Acc. Sing.) genannt; ferner in Bamff im östlichen Perthshire[3]. *Elg* kehrt in dem mit diminutivem *-in* gebildeten *Elgin*[4] wieder, jetzt Elgin (gäl. *Eilginn*), was also 'Klein-Irland' bedeutet und an den Namen der Insel *Bec-Ériu*, jetzt Begeri Island an der Küste von Wexford, erinnert. Den Namen *Fótla* finden wir in dem Kompositum *Ath-fótla*[5] 'ein zweites Irland', 'Neuirland', wieder, dem heutigen Athole, einer bergigen Gegend im Norden von Perthshire. Schließlich liegt vielleicht *Ériu*, wie Skene vermutete, in den Flußnamen Earn und Eren, dem heutigen Findearn or Findhorn, vor.

Leider können wir das Alter dieser Namen nicht genauer bestimmen. Der für Athole ist zu ältest, aus der ersten Hälfte des 8. Jahrhunderts, belegt. Es wäre natürlich, anzunehmen, daß die aus dem Südwesten vorrückenden irischen Eroberer und Ansiedler den neubesetzten Ortschaften diese Namen der alten Heimat gegeben haben. Nur fällt es auf, daß diese Namen sich alle so verhältnismäßig dicht beisammen finden und daß in den zuerst eroberten Gebieten des Westens ähnliche Namen kaum vorzukommen scheinen. Es sieht aus, als ob diejenigen, die sie gegeben haben, unmittelbar aus Irland gekommen sein müssen.

43. Altir. *ar-cridiur* 'ich herze'.

Dieses bisher nicht gebuchte Verbum ist in einem alten in Stabreimen abgefaßten Gedichte auf König Echu mac Énnai Chenselaig

---

[1] Z. B. *Ériu fo Chunn, Conn co Fál*, Anecd. II 8; *Cúán iar Failbe co Fál*, Rawl. B 502, 163a 40, d. h. auf den König von Munster Failbe folgte Cúán, der zugleich Oberkönig von Irland war.

[2] »In the north eastern Lowlands we find these three words, Eire, Fodla, Banba, entering into the topography.«

[3] Der Flußname Banavie bei Fort William beruht wohl auf *bainbe*, dem Gen. von *banb* f. 'Ferkel'. Dagegen mag der Name des Dorfes Banavie in Argyllshire ebenfalls auf ir. *Banba* zurückgehen.

[4] So lautet der Name in der Orkneya Saga (ed. Vigfusson, Kap. 82).

[5] Die älteste Belegstelle des Namens ist *Athfotla*, Fig. 739. *Athótla* im Buche von Deir, fol. 9a. Das nordische *Atjöklar* (Orkneya Saga, Kap. 66 u. 78), durch *jöklar*, den Plural von *jökull* 'Eisberg', beeinflußt, geht wohl auf eine spätere schottische Form *Athochlach* zurück. Siehe Stokes, Linguistic Value S. 30.

belegt, welches sich LL 393a 53 und BB 134a 48 erhalten hat. Es stammt wohl aus dem 7. Jahrhundert. Dort finden wir die Langzeile:

Echu, art arachridethar cathrai

'Echu, ein Bär, welcher Schlachthaufen ans Herz drückt'.

Eine Glosse erklärt das Wort allerdings durch *noail* 'welcher nährt'; aber das ist falsch geraten, ebenso wie die Bedeutung von *art*, das durch *úasal* glossiert wird. Die drei irischen Worte für 'Bär', *art, math, bethir*, dienen den Dichtern oft zu ehrender Bezeichnung von Helden. Wenn hier auf die tödliche Umarmung des Bären (engl. 'hug') angespielt wird, so weist das wohl darauf hin, daß das Tier damals noch in Irland zu Hause war oder wenigstens in der Erinnerung lebte. Im 8. Jahrhundert erwähnt Beda von Raubtieren in Irland nur noch mehr den Wolf und den Fuchs und im 9. Jahrhundert gab es sicher keine Bären mehr; denn Donatus von Fiesole sagt ausdrücklich in seinem Gedicht auf Irland:

ursorum rabies nulla est ibi.

44. Altir. *Catháir* n. pr. m.

Diesen seltenen Personennamen, der auch *Cathaer*, später *Cathaoir* geschrieben wird, kenne ich nur als den eines bekannten Königs von Leinster und Irland, mit dem Beinamen *Már* 'der Große', der wohl im 4. Jahrhundert n. Chr. gelebt hat[1]; ferner als den des Vaters von Conchobor Rot, König von Ulster, den die Überlieferung etwa ins 5. Jahrhundert v. Chr. setzt (s. CZ VIII, S. 326, 21), und drittens als den eines der zehn Söhne Bresals mac Ailella Tassaig von Munster (LL 321g). Der Name ist flexionslos. Der Genitiv lautet ebenfalls *Catháir*, z. B. *do Chatháir crich*, RC 25, 22; *deichthimna Catháir*, Metr. Dinds. III 20, wo es auf *racháim* reimt; *mac Cathaoir Mhóir*, Keat. II, S. 262. Schon dadurch erweckt er den Verdacht, daß er entlehnt ist. Es kommt hinzu, daß er sich aus dem Irischen nicht erklären läßt. So liegt es nahe, an Herübernahme aus einem altkymr. **Cat-air* zu denken, was wörtlich 'Schlachtniederlage' oder 'Niederlage von Schlachthaufen' bedeuten würde. Hier gibt das ir. *ái* (später *ae, aoi*) das kymr. *ai* wieder, wie in *catháir* 'Stuhl' (aus altkymr. **catair*), *cáin* 'schön' (mittelkymr. *cain*) usw. s. Pedersen § 21.

aer 'Niederlage' wird im Bretonischen häufig als erstes Glied von Personennamen verwendet. Siehe die Sammlung bei Loth, Chrestomathie Bretonne, S. 105. Aus dem Kymrischen kenne ich freilich nur den Namen *Aer-thirn* (statt *Aer-dirn*) 'Herr der Niederlage', der im Buch von Llan Daf, S. 150 vorkommt.

[1] Dies schließe ich daraus, daß sein Enkel Bresal Bélach, Sohn des Fiachu ba aiccid, nach den Annalen von Ulster 435 oder 436 gestorben ist.

45. Kymr. ***Diwrnach*** n. pr. m.

In der Erzählung von Kulhwch und Olwen (Red Book, ed. Rhys-Evans I, 135, 26 und 136, 12) wird ein Diwrnach Wydel erwähnt, der Verwalter des Königs von Irland Odgar uab Aed und Besitzer eines von Artur begehrten Kochkessels war. Hier scheint mir der irische Personenname *Diugurnach* in kymrischer Lautgebung vorzuliegen. Dieser findet sich Rawl. B 502, 160b 48 als der des Stammvaters der Ui Diugurnaig, eines Volksstammes, von dem ich weiter nichts weiß, als daß er mit den Ui Daigri (in Tipperary (?) s. Hogan) verwandt ist.

46. Altir. ***esclae.***

In der Táin Bó Cúalngi LU 62a 31 = YBL 21b 40 sagt Loeg von dem jungen Cuchulinn, daß er *ar esclu* (*aroesclu*[1] Y) aus Emain Macha ausgezogen sei (*macc becc dochóid indiu ar esclu hi carpat*). Strachan (Táin Tales, S. 80) weiß mit dem Worte nichts anzufangen. Mit *clú* 'Ruhm', woran er denkt, hat es jedenfalls nichts zu tun; es ist vielmehr der Dativ von *esclae*, welches in O'Mulconrys Glossar § 445 etymologisch als *laithe escomlaithe* 'Tag des Auszugs' und weiter als *lā suabais do imt[h]echt* 'ein zur Ausfahrt wohlgeeigneter Tag' erklärt wird. Die genaue Bedeutung und Herkunft bleibt allerdings unklar. Strachan (Arch. f. celt. Lex. I 477) wollte es aus *es-c'n-la* als einem Verbalnomen zu *es-com-la* herleiten, welches aber doch *escomlad* lautet. Siehe *ascomlaim*, Contrib.

47. Die Wurzel ***sụel*** im Irischen.

Über diese keltische Wurzel hat Thurneysen in der Zeitschr. f. kelt. Phil. VIII 76ff. gehandelt. Zu den dort angeführten Belegen derselben möchte ich noch zwei Komposita hinzufügen, in denen sie vorliegt, nämlich *cúairt-fel* 'Kreisdrehung, Wirbel' und *mer-fal* 'Irrgang, Verirrung'. Ersteres Wort kommt bei Cormac, s. v. *cicul* (§ 264)[2] vor, letzteres, gewöhnlich *merbal* geschrieben[3], z. B. bei O'Mulconry 677 *i merful*, oder in einem Gedichte in C. II 3, S. 4b:

nach truagh, a Dhé, misi ar merḅfall 'san tslighi réidh romam

'ist es nicht traurig, o Gott, daß ich auf dem ebenen Wege vor mir irre gehe?'

Ursprünglich wie das Simplex *sel* männlich, wird *merfal* im Mittelirischen auch weiblich abgewandelt, z. B. *rabái for merfaill 7 merugud*,

---

[1] Über dem *o* scheint ein punctum delens zu stehen.

[2] Ich zitiere nach meiner Ausgabe (Anecdota from Irish Manuscripts, vol. IV).

[3] Über den Wechsel von *b* und *f* s. Thurneysen Handb. § 129.

TTr. 232; *cen merfaill*, LL. 140b 44; oder es liegt Anlehnung an *faill* 'Versäumnis' vor.

48. Mittelir. *ménne*.

Dies Wort findet sich zweimal auf S. 358 des soeben erschienenen dritten Bandes von E. Gwynns Ausgabe des 'Metrical Dindsenchas'. Es heißt dort Z. 35:

> *Do fás cocad itir Chonn ocus Eogan na n-ardglonn;*
> *rointer Éri leth ar leth ac in dá menne meadrach,*

und Z. 49:

> *beris Conall 's a cland chrúaid 's a menne mearda marcshluaig* usw.

Der Herausgeber übersetzt das Wort an beiden Stellen mit 'kids', indem er es offenbar für eine Nebenform von *menn* 'Kitze' hält. Aber weder ließe sich eine solche Bildung erklären, noch paßt die Bedeutung. Dazu kommt, daß durch den Reim mit *Éri* die Länge des ersten Vokals gesichert ist.

Ich zweifle nicht, daß wir es in *ménne* mit einer Entlehnung aus dem mittelengl. *meinee, menne* zu tun haben, wofür das New English Dictionary s. v. *meinie* u. a. die Bedeutungen 'household, a body of retainers, retinue, army, crew' gibt.

49. Ir. *etráin, etránaim, etraigim.*

In der Revue Celtique XXXIII S. 94 ff. habe ich von einigen Kompositis gehandelt, die das Verbalnomen zu *agim* 'ich treibe', *áin* f., enthalten. Zu diesen gesellt sich noch *etr-áin*[1] f., Gen. *etrána* 'sich einmengen, dazwischenfahren, zu tun haben mit', mit Akkus. 'hindern, retten vor' (*ar*, später *for*) eigentlich 'zwischen- (hinein-) treiben', nämlich in eine fremde Herde. Die Iren, bei denen die Viehzucht eine so große Rolle spielte, haben ja daher manche Metapher genommen, wie z. B. *imbúaruch, anner* 'junges Weib', *lóig* als Kosewort usw.

Die Präposition *etar* erscheint hier in der Form, die sie vor vokalischem Anlaut annimmt (Thurn. Handb. § 827 A). Zu den Beispielen des Wortes bei Windisch und Atkinson (Laws) füge ich hinzu: *cen etráin forru*, LL. 119a 1; *ar dáig co tised in clérech dia n-etrāin* 'damit der Kleriker zwischen sie fahren möge', Lism. L. 3093; *da n-etráin for cumachta Cesair* 'sie vor der Gewalt Cäsars zu retten', CCath. 5520; *nách fédfadis Ulaid h'eadrāin form-sa* 'daß die Männer von Ulster dich nicht vor mir retten könnten', MR 42, 12; *ūair na hetrāna 7 in deiligthe*, ib. 3881.

---

[1] Stokes setzt im Index zu den Lismore Lives und zu CCath. fälschlich *etran* f. an.

Davon abgeleitet ist *etránaim* in derselben Bedeutung: Bodleian Dinds. § 32 *mani etráintis in choin in muicc* 'wenn die Hunde das Schwein nicht gehindert hätten'; *ni raibhe edránadh*, Ir. T. Soc. VII 86.

In derselben Bedeutung gibt es ferner ein Verbum *etraigim*, das unmittelbar von der Präposition abgeleitet ist, z. B. *ni hetraigim rúna Dé* 'ich menge mich nicht in die Geheimnisse Gottes', SR 8001; *ná etraiced clainn Eogain* 'laßt euch nicht mit dem clann Eogain ein!' Circuit of Ireland § 27; *ná etraiged mnái* 'daß er sich nicht mit einer Frau befassen möge', Death-tales 8, 10, wo im Index weitere Belege gesammelt sind.

50. Mittelir. *all* f. 'Halle'.

Schon Rev. Celt. XII S. 460 habe ich auf dieses aus dem nord. *höll* (*hall*) f. entlehnte Wort aufmerksam gemacht, das ich nur aus einer Stelle im Buch von Fenagh S. 224, 28 kannte:

mochean-sa tan tic domm all

'willkommen, wenn er zu meiner Halle kommt!'

Da hier die Form *all* durch den Reim mit *lam* 'bei mir' gesichert ist, scheint das Wort als Maskulinum gebraucht. Dagegen finde ich das dem Nordischen entsprechende weibliche Geschlecht in Rawl. B 502, S. 84b 4 in einem älteren Gedicht, das wohl aus dem 11. Jahrhundert stammt:

go hAugaine na halla ó rochindset ciemchlanna.

51. Altir. *cennmar*.

Ebenso wie neben *dermár* ein älteres *dermar* liegt (s. oben § 11), finden wir neben dem gewöhnlichen *cennmár* oder *cennmór* 'großköpfig' ein *cennmar*. Sicher liegt es in zwei Versen vor, wo die Kürze der Endsilbe durch den Reim erwiesen ist: LL 35b 9 = Rawl. B 502, 83b 39 heißt es in einem in *rindaird* abgefaßten Gedicht:

Macc Moga Corbb cennmair ocus Eocho aignech.

Hier besteht quantitative Assonanz zwischen *cennmair* und *aignech*. Ferner im Edinburger Dindsenchas § 62:

is é ro[da]sdeadhlad de Coba cennmhar cuthchaire.

Hier reimt es auf *dedlad*. Ob es auch in der Prosa, z. B. Rawl. B 502, 126b 14, wo LL 318a 16 *cendmōr* hat, oder an letzterer Stelle Z. 18 (*mac Búabalchind ·i· cendmar ē*) anzunehmen ist oder vielmehr das Längezeichen über dem *a* ausgelassen ist, wage ich nicht zu entscheiden; doch scheint mir ersteres wahrscheinlicher.

52. Ir. *bruinnim* 'ich drücke an die Brust'.

Zu den beiden homonymen Verben *bruinnim*, die ich in den Contributions S. 277 aufführe, kommt noch ein drittes hinzu, das ich freilich nur aus éiner Stelle belegen kann. In O'Donovans Ausgabe der 'Battle of Magh Rath' heißt es S. 296, Z. 19:

gan céd n-óglách n-imchomlaind
do chlannaib Néill nertchalma
dom bhruinniud, dom bheannachad.

Hier übersetzt O'Donovan *bruinniud* gewiß richtig mit 'caress': 'Ohne hundert streitbare Krieger vom Geschlechte des starktapferen Niall mich zu herzen, mich zu segnen'. Wir haben es offenbar mit einer Ableitung von *bruinne* m. 'Brust' zu tun, vielleicht ursprünglich einem Deponens *bruinniur*.

53. Altir. *aiste* n.

Dies in den Glossen zufällig nicht belegte Wort scheint ursprünglich neutrales Geschlecht gehabt zu haben, da es im Mittelirischen sowohl männlich als weiblich gebraucht wird. So heißt es z. B. Fél. CXLV: *ar rob é aiste in finda sin* 'denn das war die Eigenschaft dieses Haares'; dagegen Ir. T. III 106, 18: *isshi seo ind aiste* 'dies ist das Metrum'. Freilich scheint weiblicher Gebrauch zu überwiegen, besonders in der Bedeutung 'Metrum'; im Neuir. ist das Wort dagegen männlich. Die Grundbedeutung ist wohl 'Eigenschaft, Art, Weise'; weitere Entwickelungen sind 'Muster' und 'Dichtweise, Metrum', wofür sich in meinen Contributions Belege finden. Ich möchte das Wort aus *ad-sem-t̯io-n* herleiten, worin die im Irischen mehrfach verwendete Wurzel *sem*[1] 'schöpfen, gießen' zugrunde liegt, die wir bekanntlich auch in *teistiu* 'vergießen' aus *to-es-sem-t̯iō* und in *tuistiu* 'erzeugen' aus *to-us-sem-t̯iō* haben.

54. Ir. *cnatur-bārc.*

Dies Wort findet sich zur Bezeichnung irgend einer Schiffsart zweimal im 'Cath Catharda', Z. 1473 (wo die Lesart *cnaturbarca in choblaig* durch die Alliteration gegen *turbárca* H gesichert ist) und in Z. 1932. Daher stammt wohl die Glosse *cnadarbharca ·i· longa* bei O'Clery. In *cnatur-* haben wir es offenbar mit einer Entlehnung aus dem nordischen *knǫttr, knattar* 'Ball' zu tun, obwohl dies Wort im Nordischen selbst nie Bezug auf ein Schiff zu haben scheint. Die Sache liegt aber ganz ähnlich mit einer anderen irischen Schiffsbe-

[1] Siehe über dieselbe besonders Solmsen, Beitr. z. griech. Wortforschung I, S. 189.

zeichnung, *cnap-long*, wo *cnap* aus *knappr* entlehnt ist, obwohl das Nordische wieder eine solche Zusammensetzung nicht kennt. Doch vergleicht ALEXANDER BUGGE (Festschrift für K. MEYER, S. 292) das nord. *knapp-tjald*. Wie *cnap-long* ein mit Knäufen versehenes Fahrzeug bedeutet, so wird *cnatur-bārc* ein mit ball- oder kugelartigen Nagelköpfen beschlagenes Schiff bezeichnen.

55. Ir. *facht*, kymr. *gwaeth*.

Ein irisches Substantiv *facht* liegt Arch. III 294 § 14 (*la feirge facht*) und im 'Metrical Dindsenchas' II 34 (*fer co facht*) vor. An beiden Stellen würde die Bedeutung 'Böses, Übel, Bosheit' gut passen und so scheint das Wort dem kymrischen Komparativ *gwaeth* 'schlimmer' zu entsprechen. Auch der Personenname *Fachtne*, Gen. *Fachtni*, Thes. III 272, später *Fachtna*, wird wohl hierher gehören. An ein Lehnwort der Gelehrtensprache aus lat. *factum*, wie kymr. *ffaith*, ist nicht zu denken.

56. Altir. *inellgim*.

In O'MULCONRYS Glossar § 537 werden folgende Verse zitiert, von denen der erste und vierte auch bei O'DAVOREN 1072 und 73, letzterer mit besseren Lesarten, überliefert sind.

Inellaig[1] *ollam anamain,*
ānsruth, ūaslem a nemith nathellach,
nī do chlī col n-ērgnae di anair āirme,
ard conn canad[2] *dichain*[3] *emain cen imresc n-imrinn,*
5 *insce duiss dēnam lānchor lāido,*
la macfuirmid mōin sōer sētrotha,
senamain suārim co fātha[4] *feith,*
foclue foseirid for aursing, for midsing, for iarsing,
for aurthruim, for midtruim, for iartruim.

Es handelt sich um die den sieben Stufen der *filid* zustehenden Versmaße[5]. Das Gedicht ist stabreimend abgefaßt; auch die Langzeilen sind durch Alliteration (in Vers 3 und 9 nur scheinbar) verknüpft. Ich übersetze:

Der *ollam* fügt die *anamain* zusammen,
was den *ānsruth* betrifft, so ist sein höchstes Privileg die Komposition der *nath*,

[1] inloing O'D.
[2] cano O'M.
[3] dicain O'D., docan O'M.
[4] fathaib O'M. Vgl. srūaim co fātha (sic F) fēith, O'DAV. 916.
[5] Vgl. THURNEYSEN, Ir. T. III, S. 115 ff.

dem *clī* erwächst kein Schaden der Würde aus dem zu zählenden[1] *anair*,
hoch ist der Verstand des *cano*, welcher die rings gereimte *emain* ohne Fehler singt,
der Vortrag des *doss* besteht darin, die vollen Weisen[2] einer *láid* zu machen,
dem *macfuirmid* gebührt die edle Gabe des *sētruth*,
(ferner) eine wohlgezählte *senamain* mit kunstvoller Glättung[3],
der *focluc* befolgt[4] die *airseng*, die *midseng*, die *iarseng*,
die *airthromm*, die *midthromm*, die *iarthromm*.

Statt *inellaig* wollte Stokes (Arch. I 477) *i n-ellaig* lesen, aber *ellach* ist ein neutraler *o*-Stamm. Vielmehr haben wir es mit einem Verbum *in-ellgim* oder *in-ellung* zu tun, in welchem dieselbe Präposition zweimal wiederholt ist (*in-en-long*). Es kommt auch bei O'Dav. 1130 *roinellgestar*, Laws IV 16, 21 *roineillgistar* und ib. 38, 9 *ineillgiter* vor. Die Bedeutung ist 'ich vereinige, verbinde, füge zusammen'. In unserem Gedichte ist es ähnlich wie *uagim* 'ich nähe', *figim* 'ich webe' auf die Kunst des Dichters übertragen. So wird auch *inloingim* selbst gebraucht, z. B. *infúach ellachta* 'der gefügte Vers', O'Dav. 858; *nathellach*, oben; *lán-ellach do dénum do lethrann*, H. 3. 18, 422; so daß es selbst die Bedeutung 'Vers' oder 'Versart, Metrum' annimmt: *ellach ·i·aiste*, O'Dav. 765.

57. Ir. *Úanaind* n. pr. f.

In den Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912, S. 436, Anm. 3 habe ich diesen Namen, der LL 363g *Uanfind* geschrieben ist, mit 'Schaumhaar' wiedergegeben. Natürlicher ist es aber wohl, in *find* das Adjektivum zu sehen und 'Schaumweiß' zu übersetzen, was sich dann auf die Hautfarbe beziehen würde. Ein ähnlicher Name liegt LL 321d = Rawl. B 502, 151a46 vor. Dort heißt eine Frau *Cobor mongfind bān chóemdelba* oder, da die Handschriften die Wörter nicht deutlich genug trennen, vielleicht *Cobormong findbān chóemdelba*, so daß wir entweder einen Kurznamen *Cobor* oder den Vollnamen *Cobor-mong* 'Schaumhaar' haben.

[1] Stokes (Arch. I 277) übersetzt *dirme* mit 'thou shouldst reckon'. Ich fasse es als attributiven Genitiv von *ārim*. Vgl. *su-ārim* in Z. 7. Vielleicht ist aber *ārim* zu lesen und *anair* als Genitiv Plur. zu fassen: 'aus der Zahl der (verschiedenen) *anair*'.

[2] Oder, wenn wir *lānchóir* lesen, 'die volle Richtigkeit'. Auch könnte zu konstruieren sein: *dénam láido lánchor* 'ein Lied von vollen Weisen zu machen'.

[3] *féith* ist wohl der Dativ von *féth*, welches LL 68a44 und bei Corm. § 975: *ba féth in snas dédenach* und *ba féith in tress grēss* vorliegt.

[4] *foseirid*, vielleicht für *fo-seirthid* 'Nachtreter, Gefolgsmann' von *seir* 'Ferse'. Vgl. *seirthid*, Laws Gloss.

58. Nachträge.

Zu *glicar* (§ 14) gesellt sich noch das Adjektiv *glicarda*, welches CCath. 4032 (*dá glún garba glicurda*) vorliegt, wozu Stokes im Index das schottische *gliogram* anführt. Siehe Dict. Highl. Soc. s. v., wo aus der 'common speech' auch *gliogram-chos* erwähnt wird. Zu den dort gebuchten anderen Ableitungen von *gliogar* hat Stern noch *gliogaire* 'a rattle-bones' aus Campbells 'Tales' II 32 in sein Handexemplar eingetragen.

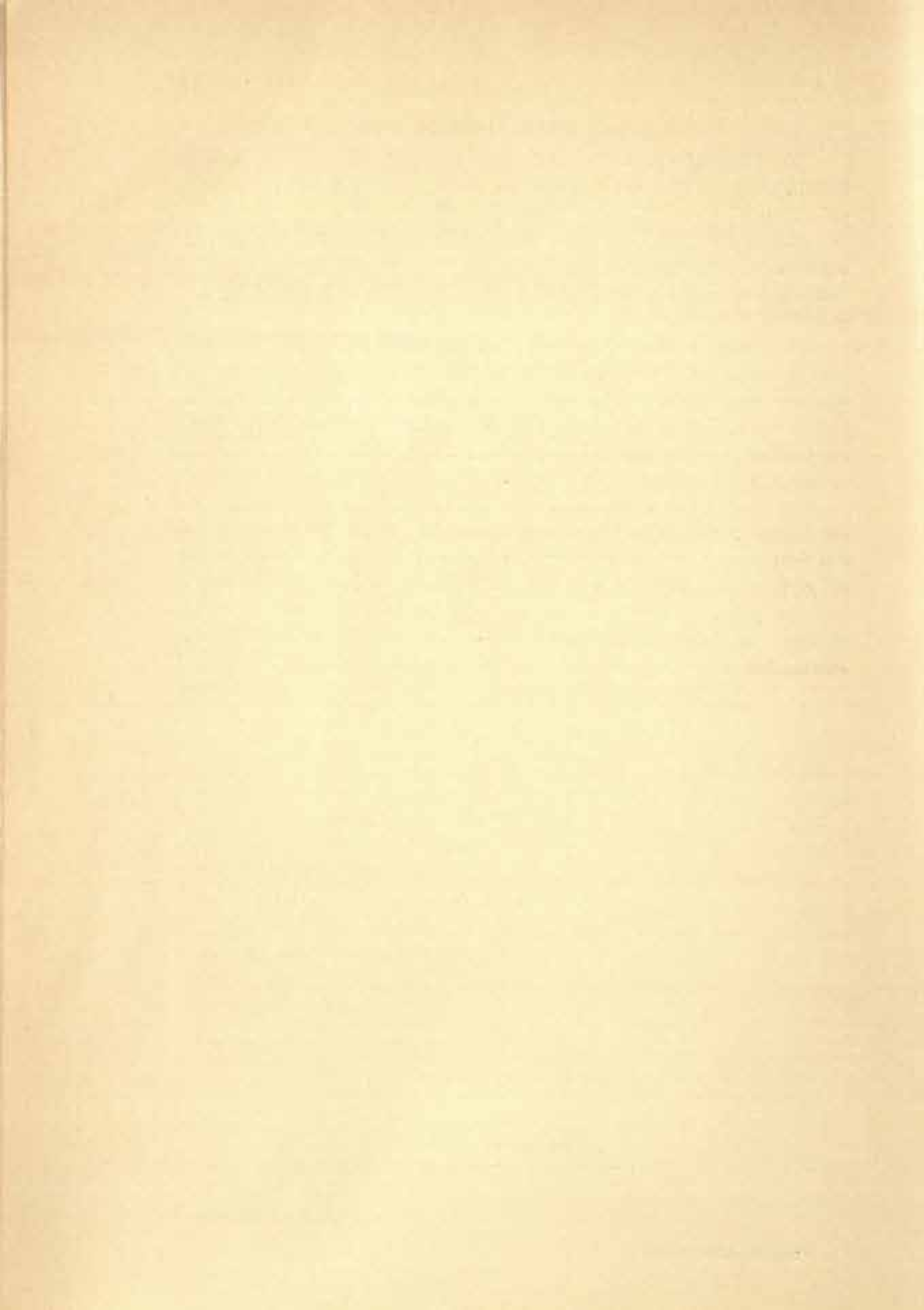
Daß wir in *suapte* (§ 25) wirklich das Adverbium eines Adjektivs *suaptus* haben und daß Virgilius sich des Ursprungs dieser Bildung bewußt war, geht deutlich aus folgender Bemerkung desselben hervor (ed. Huemer, S. 81): solent enim integro nomini aliam ex alio syllabam supplementi gratia superaddere, ut est *suaptum*; *su* enim ex suavitate susceptum est.

Zu den auf S. 1149 erwähnten seltenen Diminutiven auf *-ac* und *-uc* kommen noch die folgenden: *cannac* 'Rohrstock' (*a canna, fid bis i lláim*); *cruindiuc* 'Tautropfen', Acall. 385; *rindiuc* 'Grashalmspitze', ib. 386 und RC XIII 221, 13: *roscuirit a ngabra for in rindiuc dia gle*[*i*]*th*.

Zu § 39. Glyn Davies spricht brieflich die ansprechende Vermutung aus, daß *Prydein* durch Anlehnung an *Rufein* (aus *Rōmānī*) entstanden sei.

Ausgegeben am 29. Mai.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.



SITZUNGSBERICHTE

1913.

XXVI.

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

29. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

Hr. Frobenius las: Über die Markoff'schen Zahlen.

Die Bestimmung der Minima der indefiniten binären quadratischen Formen hat Hr. Markoff auf die Lösung einer unbestimmten Gleichung zurückgeführt. Die Eigenschaften der ganzen Zahlen, die dieser Gleichung genügen, werden hier untersucht. Jede solche Zahl kann durch eine rationale Zahl charakterisirt und aus dieser direct berechnet werden.

Über die Markoffschen Zahlen.

Von G. Frobenius.

Hr. Andrej Markoff hat, *Math. Annalen, Bd. 15 und 17*, zwei Arbeiten veröffentlicht *Sur les formes quadratiques binaires indéfinies*. In der indefiniten Form

$$\psi = (a, b, c) = ax^2 + bxy + cy^2$$

seien die Koeffizienten a, b, c beliebige reelle Größen, die Variabeln x, y ganze Zahlen. Die Diskriminante von ψ sei $D = b^2 - 4ac$, die untere Schranke aller Werte des absoluten Betrages $|\psi|$ von ψ sei M. Für die Form $k\psi$ haben diese Größen die Werte $k^2 D$ und kM. Dann beweist Hr. Markoff:

Für die Gesamtheit aller indefiniten Formen ψ ist

$$\text{lim. inf.} \frac{\sqrt{D}}{M} = 3.$$

Ist $\sqrt{D} < 3M$, so ist ψ, mit einem passenden Faktor k multipliziert, einer Form

$$\varphi = px^2 + (3p - 2q)\,xy + (r - 3q)\,y^2$$

(eigentlich oder uneigentlich) äquivalent. Hier sind p, q, r positive ganze Zahlen, p genügt, zusammen mit zwei andern ganzen Zahlen, p_1 und p_2, der unbestimmten Gleichung

$$p^2 + p_1^2 + p_2^2 = 3pp_1p_2.$$

$\pm q$ ist der absolut kleinste Rest von $\frac{p_1}{p_2}$ (mod p), und r ist durch die Gleichung $pr - q^2 = 1$ bestimmt. Für diese Form φ ist

$$D = 9p^2 - 4, \qquad M = p, \qquad \frac{\sqrt{D}}{M} = 3\sqrt{1 - 4 : 9p^2} < 3.$$

Die Form φ ist der Form $-\varphi$ eigentlich äquivalent, und sogar jeder der vier Formen

$$\pm(px^2 - 2qxy + ry^2) \pm 3y\,(px - qy).$$

Sind die Verhältnisse der Koeffizienten von ψ nicht rational, so ist stets $M \leqq \frac{1}{3}\sqrt{D}$.

Trotz der außerordentlich merkwürdigen und wichtigen Resultate scheinen diese schwierigen Untersuchungen wenig bekannt zu sein. Selbst Minkowski erwähnt sie nicht bei der Behandlung einer verwandten Frage (*Math. Annalen Bd. 54, S. 92*). Meines Wissens ist Hr. Hurwitz (*Über eine Aufgabe der unbestimmten Analysis, Archiv der Math. u. Phys., Reihe 3, Bd. 11, S. 185*), der einzige, der über die Markoffsche Gleichung geschrieben hat. Die große, aber bisher wenig benutzte Theorie der Reduktion der indefiniten binären quadratischen Formen, die Lagrange geschaffen und Gauss vollendet hat, findet in den folgenden Entwicklungen eine weitgehende Anwendung.

Hr. Markoff führt die Beweise mit Hilfe der Kettenbrüche. Es ist mir gelungen (§ 4), die Eigenschaften der Form φ ohne dies Hilfsmittel abzuleiten, aber nicht, zu beweisen, daß die mit den Formen φ äquivalenten Formen die einzigen sind, wofür $\sqrt{D} < 3M$ ist. Im zweiten Teile meiner Arbeit entwickle ich die explizite Darstellung der Markoffschen Zahlen p und der zugehörigen Zahlen q und r durch die Teilnenner eines Kettenbruchs. Dabei ergeben sich (§ 11) merkwürdige Beziehungen zu dem von Christoffel geschaffenen Begriff der Charakteristik einer rationalen Zahl (*Lehrsätze über arithmetische Eigenschaften der Irrationalzahlen, Annali di Mat., ser. II, tom. 15, p. 270*).

Ich zitiere diese Arbeit im folgenden mit C., die zweite Arbeit des Hrn. Markoff (*Math. Annalen, Bd. 17, S. 379*) mit M., die Arbeit des Hrn. Hurwitz mit H., und meine Arbeit (*Über die Reduktion der indefiniten binären Formen, in diesen Sitzungsber. S. 202*) mit F.

§ 1.

Die unbestimmte Gleichung

$$a^2+b^2+c^2 = 3abc \qquad (1.)$$

nenne ich die Markoffsche Gleichung, jede positive ganze Zahl p, die in einer ihrer Lösungen vorkommt, eine Markoffsche Zahl.

I. *Eine positive ganze Zahl p heißt eine Markoffsche Zahl, wenn $-p^2$ durch die Hauptform der Diskriminante $9p^2-4$ dargestellt werden kann.*

Nach dem Vorgange des Hrn. Hurwitz betrachte ich zunächst die allgemeinere Gleichung

$$a^2+b^2+c^2 = kabc, \qquad (2.)$$

worin alle Zeichen positive ganze Zahlen bedeuten.

Je nachdem a gerade oder ungerade ist, ist $a^2 \equiv 0$ oder $1 \pmod 4$. Ist also k gerade, so müssen a, b, c alle gerade sein. Jede andere Annahme über ihre Reste (mod 2) führt auf einen Widerspruch. Ist aber $a = 2^\nu x$, $b = 2^\nu y$, $c = 2^\nu z$, wo x, y, z nicht alle gerade sind, so

ist $x^2+y^2+z^2 = 2^n kxyz$. Da diese Gleichung erfordert, daß x, y, z alle gerade sind, so kann demnach k überhaupt nicht gerade sein.

Je nachdem a durch 3 teilbar ist oder nicht, ist $a^2 \equiv 0$ oder 1 (mod 3). Ist also k nicht durch 3 teilbar, so müssen $a = 3x, b = 3y, c = 3z$ alle durch 3 teilbar sein. Jede andere Annahme erweist sich als unzulässig. Dann ist $x^2+y^2+z^2 = 3kxyz$.

Nachdem so der Fall $k = 2$ erledigt, und $k = 1$ auf $k = 3$ zurückgeführt ist, sei $k \geq 3$. Ist $b = c$, so ist $a = bd$ durch b teilbar und $d^2 + 2 = kbd$. Daher ist $d = 1$ oder 2, ein Divisor von 2. In beiden Fällen ist $3 = kb$, also $k = 3, b = c = 1, a = d$. Ist also $k > 3$, so können nie zwei der Zahlen a, b, c gleich sein. Für $k = 3$ will ich die beiden Lösungen 1, 1, 1 und 2, 1, 1 *singuläre* nennen. In jeder andern Lösung sind a, b, c verschieden. Von den zu entwickelnden Resultaten gelten viele für diese beiden Lösungen nicht, was ich nicht immer besonders erwähnen werde.

Hat die Gleichung $f(x) = x^2 + b^2 + c^2 - kbcx = 0$ die beiden Wurzeln a und a', so ist $a + a' = kbc, aa' = b^2 + c^2$. Also ist auch a' eine positive ganze Zahl und a', b, c eine neue Lösung der Gleichung (2.). Hr. Hurwitz nennt sie der Lösung a, b, c *benachbart*. Ist $a > b > c$, so ist $f(b) < 3b^2 - kcb^2 \leq 0$. Daher liegt b zwischen den beiden Wurzeln a und a', es ist also $a > b > a'$. Nennt man das Produkt abc das *Gewicht* der Lösung a, b, c, so hat demnach die neue Lösung ein kleineres Gewicht als die ursprüngliche. Dies Verfahren zur Bildung neuer Lösungen von kleinerem Gewicht kann stets fortgesetzt werden, wenn die drei Zahlen der Lösung verschieden sind. Folglich kann nicht $k > 3$ sein. Ist aber $k = 3$, so muß es schließlich auf eine singuläre Lösung führen.

Demnach ist die Gleichung (2.) nur für $k = 3$ und $k = 1$ lösbar, und der zweite Fall läßt sich durch die Substitution $a = 3x, b = 3y, c = 3z$ auf den ersten zurückführen.

Drei Zahlen, die der Gleichung (1.) genügen, haben keinen Teiler gemeinsam (H. S. 194). Denn ist $a = dx, b = dy, c = dz$, so ist $x^2 + y^2 + z^2 = 3dxyz$, und mithin $d = 1$. Folglich sind auch je zwei der Zahlen a, b, c teilerfremd, und die in I. erwähnte Darstellung ist immer eine eigentliche. Insbesondere kann höchstens eine von ihnen gerade sein. a kann aber nicht durch 4 teilbar sein. Sonst wäre $0 \equiv 3abc = a^2 + b^2 + c^2 \equiv 0 + 1 + 1$ (mod 4). Da

$$a + a' = 3bc, \qquad aa' = b^2 + c^2 \tag{3.}$$

ist, so muß jede ungerade Primzahl, die in a aufgeht, von der Form $4n + 1$ sein. Daraus folgt:

II. *Ist p eine* MARKOFF*sche Zahl, so ist entweder* $p \equiv 1 \pmod 4$ *oder* $p \equiv 2 \pmod 8$.

Aus den Gleichungen

$$a^2 + (b-c)^2 = bc(3a-2), \qquad a^2 + (b+c)^2 = bc(3a+2)$$

folgt:

III. *Ist p eine* MARKOFF*sche Zahl, so ist jeder ungerade Primfaktor von* p, $3p-2$ *und* $3p+2$ *von der Form* $4n+1$.

Diese Eigenschaft besitzen aber auch Zahlen, die, wie 37 oder 61, keine MARKOFFsche Zahlen sind.

Die singuläre Lösung $1, 1, 1$ hat nur eine benachbarte Lösung $2, 1, 1$. Diese hat außer jener noch eine zweite $5, 2, 1$. Jede andere Lösung a, b, c hat drei verschiedene benachbarte Lösungen (M. S. 397)

$$a', b, c \qquad a, b', c \qquad a, b, c',$$

wo

$$(4.) \qquad a' = 3bc - a, \qquad b' = 3ac - b, \qquad c' = 3ab - c$$

ist. Ist a die größte der drei Zahlen a, b, c, so ist

$$a' < a, \qquad b' > a, \qquad c' > a$$

und sogar a' kleiner als die größere der beiden Zahlen b und c. Von den drei mit a, b, c benachbarten Lösungen hat also die eine, a', b, c, ein kleineres Gewicht, jede der beiden andern ein größeres. Zu einer Lösung L gibt es eine und nur eine benachbarte Lösung L_1 von kleinerem Gewicht, zu dieser wieder eine solche L_2 usw. Die Reihe dieser Lösungen $L, L_1, L_2, \cdots$ muß nach den obigen Ausführungen mit $5, 2, 1 \quad 2, 1, 1 \quad 1, 1, 1$ schließen. Auf dem umgekehrten Wege gelangt man von $1, 1, 1$ zu jeder Lösung. Will man aber von einer Lösung L zu Lösungen höheren Gewichtes aufsteigen, so kann dies an jeder Stelle auf zwei verschiedene Arten geschehen.

Bei Anwendung dieses Verfahrens auf eine gegebene Lösung p, a, b kann man sich die Beschränkung auferlegen, die Zahl p stets festzuhalten. Alle Lösungen, die man so erhält, will ich eine *Kette* von Lösungen nennen (vgl. § 9). Sie ist durch jedes ihrer Glieder völlig bestimmt. Sie enthält eine und nur eine Lösung, worin p die größte der drei Zahlen ist. Unentschieden ist bis jetzt die Frage, ob einer MARKOFFschen Zahl p zwei verschiedene Ketten entsprechen können, d. h. ob p in zwei Lösungen p, a, b und p, c, d die größte Zahl sein kann.

Aus (3.) folgt

$$(a-a')^2 = 9b^2c^2 - 4(b^2+c^2) = 4b^2c^2 + (b^2c^2-4) + 4(b^2-1)(c^2-1).$$

Ist a die größte der Zahlen a, b, c, und sind b und c nicht beide 1, so ist demnach (vgl. (3.))

$$(5.) \qquad a - a' > 2bc, \qquad 3bc > a > 2bc.$$

Ist $b > c$, so ist in der Lösung a', b, c die größte Zahl b. Daher ist $b > 2a'c$ und

$$(6.)\qquad a' < \frac{b}{2c}, \qquad a > 3bc - \frac{b}{2c} > \frac{5}{2}bc \qquad (b > c),$$

also auch

$$(7.)\qquad b > \frac{5}{2}a'c > \frac{5}{2}c.$$

Außer den singulären Lösungen bildet hiervon auch die ihnen benachbarte Lösung $5, 2, 1$ eine Ausnahme.

§ 2.

Aus der Relation

$$p^2 + p_1^2 + p_2^2 = 3pp_1p_2$$

haben wir geschlossen, daß je zwei der drei positiven ganzen Zahlen $p_\varkappa$ teilerfremd sind. Mithin ist

$$(1.)\qquad \frac{p_1}{p_2} \equiv -\frac{p_2}{p_1} \pmod{p}.$$

Sei $\varepsilon = \pm 1$, und sei

$$(2.)\qquad \begin{aligned} \varepsilon q &\equiv \frac{p_1}{p_2} \equiv -\frac{p_2}{p_1} \pmod{p}, \\ \varepsilon q_1 &\equiv \frac{p_2}{p} \equiv -\frac{p}{p_2} \pmod{p_1}, \\ \varepsilon q_2 &\equiv \frac{p}{p_1} \equiv -\frac{p_1}{p} \pmod{p_2}, \end{aligned}$$

wo $q_\varkappa$ zwischen 1 und $p_\varkappa - 1$ liegt. Dann ist

$$p_1^2(1+q^2) \equiv p_1^2 + p_2^2 \equiv 0 \pmod{p}.$$

Daher bestimmen die Gleichungen

$$(3.)\qquad pr - q^2 = 1, \quad p_1r_1 - q_1^2 = 1, \quad p_2r_2 - q_2^2 = 1$$

drei ganze Zahlen $r_\varkappa$. Z. B. ist (vgl. § 5)

$p =$	1	2	5	13	29	34	89	169	194	233	433	610	985
$q =$	0	1	2	5	12	13	34	70	75	89	179	233	408
$r =$	1	1	1	2	5	5	13	29	29	34	74	89	169.

Ist nun p die größte der drei Zahlen $p_\varkappa$, so ist

$$(4.)\qquad \begin{aligned} p_1q_2 - p_2q_1 &= \varepsilon(p - 3p_1p_2) = -\varepsilon p', \\ p_2q - p\,q_2 &= \varepsilon\, p_1, \\ p\,q_1 - p_1q &= \varepsilon\, p_2. \end{aligned}$$

Denn $p_1q_2 - p_2q_1 + \varepsilon p'$ ist teilbar durch p_1 und p_2, also durch p_1p_2, und ist $\leqq p_1(p_2-1) - p_2 + p' < p_1p_2$, weil p' kleiner ist als die größere der

beiden Zahlen p_1 und p_2. Dagegen ist jene Zahl $\geqq p_1 - p_2(p_1-1) - p'$ $> -p_1p_2$.

Man addiere die Gleichungen (4.), multipliziert mit p, p_1, p_2 oder mit q, q_1, q_2 oder man addiere ihre Quadrate. So gelangt man zu den Relationen:

$$
\begin{aligned}
p^2 + p_1^2 \quad + p_2^2 \quad &= 3pp_1p_2, \\
pq + p_1q_1 + p_2q_2 &= 3qp_1p_2, \\
q^2 + q_1^2 \quad + q_2^2 \quad &= 3rp_1p_2 - 1, \\
pr + p_1r_1 + p_2r_2 &= 3rp_1p_2 + 2, \qquad (5.)\\
\frac{1}{3}(qr + q_1r_1 + q_2r_2) &= p_1q_2r + \varepsilon q_1^2 = p_2q_1r - \varepsilon q_2^2, \\
\frac{1}{3}(r^2 + r_1^2 \quad + r_2^2) &= -pr_1r_2 + p_1rr_2 + p_2rr_1 + 3.
\end{aligned}
$$

Die beiden letzten, die hier nicht gebraucht werden, habe ich nur der Vollständigkeit wegen hinzugefügt.

Setzt man

$$U_\alpha = p_\alpha u + q_\alpha v + r_\alpha w,$$

so kann man die 6 Relationen in die identische Gleichung

$$U^2 + U_1^2 + U_2^2 + 3pU_1U_2 - 3p_1UU_2 - 3p_2UU_1 = 4uw - v^2 + 9w^2 \qquad (6.)$$

zusammenfassen. Setzt man

$$P_\alpha = p_\alpha x^2 - 2q_\alpha xy + r_\alpha y^2, \qquad (7.)$$

so ist demnach

$$P^2 + P_1^2 + P_2^2 + 3pP_1P_2 - 3p_1PP_2 - 3p_2PP_1 = 9y^4. \qquad (8.)$$

Die ersten der Relationen (5.) kann man auch in der Form

$$p_1^2 + p_2^2 = pp', \quad p_1q_1 + p_2q_2 = qp', \quad p_1r_1 + p_2r_2 = rp' + 2 \qquad (9.)$$

schreiben, oder zusammengefaßt

$$p_1P_1 + p_2P_2 = p'P + 2y^2, \qquad (10.)$$

wo $p' = 3p_1p_2 - p$ ist. Ist $p > p_1 > p_2$, so lautet für die benachbarte Lösung p_1, p_2, p' der Markoffschen Gleichung die analoge Formel

$$p_2P_2 + p'P' = (3p_2p' - p_1)P_1 + 2y^2.$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt

$$P' = 3p_2P_1 - P \qquad (p > p_1 > p_2) \qquad (11.)$$

oder

$$p' = 3p_1p_2 - p, \quad q' = 3p_2q_1 - q, \quad r' = 3p_2r_1 - r. \qquad (12.)$$

Die dritte Gleichung (9.) führt in Verbindung mit den Relationen (4.) zu der Formel

(13.) $$\begin{vmatrix} p & p_1 & p_2 \\ q & q_1 & q_2 \\ r & r_1 & r_2 \end{vmatrix} = 2\varepsilon .$$

Quadriert man die Gleichungen (4.), so erhält man mit Benutzung der Formeln (3.)

(14.) $$\begin{aligned} p_1 r_2 + p_2 r_1 - 2q_1 q_2 &= 3p', \\ p_2 r \ + p\ r_2 - 2q_2 q \ &= 3p_1, \\ p\ r_1 + p_1 r - 2q\ q_1 &= 3p_2 . \end{aligned}$$

Mithin ist die Diskriminante der quadratischen Form $uP + vP_1 + wP_2$ der Variabeln x und y gleich -4 mal

(15.) $$\begin{aligned} &(pu + p_1 v + p_2 w)(ru + r_1 v + r_2 w) - (qu + q_1 v + q_2 w)^2 \\ &= u^2 + v^2 + w^2 + 3(p'vw + p_1 wu + p_2 uv). \end{aligned}$$

Diese ternäre Form von u, v, w (vgl. (6.)) hat daher nach (13.) die Determinante 1. Die Markoffsche Gleichung

$$a^2 + b^2 + c^2 = 3abc$$

sagt also aus, daß die ternäre quadratische Form

(16.) $$u^2 + v^2 + w^2 + 3(avw + bwu + cuv)$$

die Determinante 1 hat.

Schreibt man die Relationen (4.) als homogene lineare Gleichungen zwischen p, p_1, p_2, so kann man aus je zwei derselben die Verhältnisse dieser Unbekannten bestimmen. Z. B. ist

$$\begin{aligned} \varepsilon p - q_2 p_1 + (q_1 - 3\varepsilon p_1) p_2 &= 0, \\ q_2 p + \varepsilon\ p_1 - \qquad q\ p_2 &= 0, \end{aligned}$$

und demnach

$$p : p_1 : p_2 = qq_2 - \varepsilon(q_1 - 3\varepsilon p_1) : q_2(q_1 - 3\varepsilon p_1) + \varepsilon q : p_2 r_2 .$$

So gelangt man zu den Formeln

(17.) $$\begin{aligned} p_1 r \ - q\ q_1 &= - \varepsilon\ q_2, & p\ r_1 - q\ q_1 &= \ \ \varepsilon\ q_2 + 3p_2, \\ p_2 r \ - q\ q_2 &= + \varepsilon\ q_1, & p\ r_2 - q\ q_2 &= - \varepsilon\ q_1 + 3p_1, \\ p_1 r_2 - q_1 q_2 &= + \varepsilon(q - 3p_1 q_2), & p_2 r_1 - q_1 q_2 &= - \varepsilon(q - 3p_2 q_1). \end{aligned}$$

Nun kann man auch die Unterdeterminanten von (13.) berechnen. Z. B. ist

(18.) $$qr_1 - q_1 r = \varepsilon r_2 + 3q_2, \quad q_2 r - qr_2 = \varepsilon r_1 - 3q_1, \quad q_1 r_2 - q_2 r_1 = \varepsilon(r - 3q_1 q_2).$$

§ 3.

Die Formen P_1 und P_2 haben die Diskriminante -4. Ihre simultane Invariante ist positiv:

(1.) $$p_1 r_2 - 2q_1 q_2 + r_1 p_2 = -3\varepsilon(p_1 q_2 - p_2 q_1)$$

oder

(2.) $$p_1 r_2 - 2q_1 q_2 + r_1 p_2 = 3\,|p_1 q_2 - p_2 q_1| .$$

Umgekehrt folgt aus jenen drei Relationen

$$(3.)\qquad p_1^2+p_2^2+(p_1q_2-p_2q_1)^2 = 3p_1p_2\,|p_1q_2-p_2q_1|.$$

Aus den Koeffizienten von P_1 und P_2 lassen sich die von P berechnen mittels der Formeln

$$(4.)\qquad \begin{array}{ll} \varepsilon(p-3p_1p_2) = p_1q_2-p_2q_1, & \varepsilon(q-3p_1q_2) = p_1r_2-q_1q_2, \\ -\varepsilon(q-3p_2q_1) = p_2r_1-q_1q_2, & \varepsilon(r-3q_1q_2) = q_1r_2-q_2r_1. \end{array}$$

Man kann sie zu einer Relation zwischen Matrizen zusammenfassen. Setzt man

$$(5.)\qquad S_\varkappa = \begin{pmatrix} q_\varkappa & -r_\varkappa \\ p_\varkappa & -q_\varkappa \end{pmatrix}, \qquad T_\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon & 3 \\ 0 & \varepsilon \end{pmatrix},$$

so ist

$$(6.)\qquad S = S_1T_\varepsilon S_2 = S_2T_{-\varepsilon}S_1.$$

Die zweite erhält man aus der ersten mittels der Gleichung $S_\varkappa^{-1} = -S_\varkappa$. Diese Formel ist die wichtigste der ganzen Entwicklung. Die Substitution $S^{-1} = -S$ lautet

$$x = -qt+rz, \qquad t = qx-ry$$
$$y = -pt+qz, \qquad z = px-qy.$$

Da nun $pP = (px-qy)^2+y^2 = y^2+z^2$ ist, so geht P durch die Substitution S in sich selbst über. Dagegen geht diese positive Form der Diskriminante -4 durch die Substitution S_1 in $-P+3p_2P_1$, durch S_2 in $-P+3p_1P_2$ über. Denn die erste dieser beiden transformierten Formen hat, weil $p_1r_1-q_1^2 = 1$ ist, die Koeffizienten

$$\begin{aligned} pq_1^2-2qq_1p_1+rp_1^2 &= -p+p_1(pr_1-2qq_1+rp_1), \\ -2pq_1r_1+2q(q_1^2+r_1p_1)-2rp_1q_1 &= 2q-2q_1(pr_1-2qq_1+rp_1), \\ pr_1^2-2qr_1q_1+rq_1^2 &= -r+r_1(pr_1-2qq_1+rp_1). \end{aligned}$$

Setzt man ferner

$$(7.)\qquad z_\varkappa = p_\varkappa x-q_\varkappa y,$$

so geht die Form $yz = y(px-qy)$ durch die Substitution S in $-yz$, durch S_1 in $-yz+\varepsilon p_2P_1$, durch S_2 in $-yz-\varepsilon p_1P_2$ über. Da die simultane Invariante von P und yz verschwindet, so ist die Diskriminante D der Form

$$(8.)\qquad \varphi = P+3yz = px^2+(3p-2q)xy+(r-3q)y^2$$

gleich der Summe der Diskriminante -4 von P und der Diskriminante $9p^2$ von $3yz$,

$$(9.)\qquad D = 9p^2-4.$$

Diese indefinite Form $\varphi = P+3yz$ geht also durch S in die Form $\psi = P-3yz$ über, die der Form φ parallel ist, und mithin auch

durch die Substitution T_{-1} daraus hervorgeht. Folglich geht φ durch die Substitution

$$ST_1 = \begin{pmatrix} q & 3q-r \\ p & 3p-q \end{pmatrix}$$

in sich selbst über (vgl. § 7, (3.)). Ferner geht φ durch S_1 oder S_2 in

$$-\varphi + 3(1+\varepsilon)p_2 P_1, \qquad -\varphi + 3(1-\varepsilon)p_1 P_2$$

über. Daher ist φ mit $-\varphi$ (eigentlich) äquivalent und geht in $-\varphi$ über, falls $\varepsilon = +1$ ist, durch die Substitution S_2 oder auch durch $T_{-1}S_1T_1$, falls aber $\varepsilon = -1$ ist, durch S_1 oder auch durch $T_{-1}S_2T_1$. Die vier Formen $\pm P \pm 3yz$ gehören also alle derselben Klasse an.

Damit die Form $\varphi = (a, b, c)$ durch die eigentliche Substitution

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$$

in $-\varphi$ übergeht, sind die Bedingungen $\alpha + \delta = 0$ und $a\beta - b\alpha - c\gamma = 0$ notwendig und hinreichend. Die letztere lautet hier

$$pr_1 + rp_1 - 2qq_1 = 3\varepsilon(pq_1 - qp_1).$$

Durch die Substitution S_2 geht die Form P_1 in $-P_1 + 3p'P_2$ über, die Form yz_1 in $-yz_1 + \varepsilon p'P_2$, also die Form $\varphi_1 = P_1 + 3yz_1$ in $-\varphi_1 + 3(1-\varepsilon)p'P_2$ und $\psi_1 = P_1 - 3yz_1$ in $-\psi_1 + 3(1+\varepsilon)p'P_2$. Daher gehen die beiden Formen φ und φ_1 simultan in $-\varphi$ und $-\varphi_1$ über, falls $\varepsilon = +1$ ist, durch S_2, falls aber $\varepsilon = -1$ ist, durch $T_{-1}S_2T_1$. Jede lineare Verbindung χ von φ und φ_1 ist also der Form $-\chi$ äquivalent.

Ist m durch φ darstellbar, so ist es auch $-m$. Das Produkt von zwei durch φ darstellbaren Zahlen ist aber durch die Hauptform der Diskriminante D darstellbar. Aus I, § 1 ergibt sich daher:

IV. *Damit p eine* Markoffsche *Zahl sei, ist notwendig und hinreichend, daß p durch eine, mit $-\varphi$ äquivalente Form φ der Diskriminante $9p^2-4$ darstellbar ist.*

Ist z. B. $\varepsilon = -1$, so geht $\varphi = (a, b, c)$ durch die Substitution $\begin{pmatrix} r_1 & q_1 \\ q_1 & p_1 \end{pmatrix}$ in $\varphi' = (-c, b, -a)$ über. Ist $2q < p$, so sind, wie wir sehen werden, φ und φ' beide reduzierte Formen, gehören also derselben Periode an. Dies ist der Weg, auf dem p_1, q_1, r_1 aus p, q, r berechnet werden können.

§ 4.

Ist p ungerade, so ist φ eine primitive Form. Ist aber p gerade, so ist $\frac{1}{2}\varphi$ eine primitive Form der Diskriminante $\frac{1}{4}D$. Im ersten Falle ist $U = 1$, $T = 3p$ die Fundamentallösung der Pellschen

Gleichung $t^2 - Du^2 = 4$. Im zweiten ist $U = 2$, $T = 3p$ die der PELLschen Gleichung $t^2 - \frac{1}{4}Du^2 = 4$. In beiden Fällen ist

$$(1.)\qquad \frac{1}{2}\left(3p + \sqrt{9p^2-4}\right) = \frac{1}{4}\left(\sqrt{3p-2} + \sqrt{3p+2}\right)^2$$

die Fundamentaleinheit.

Sei $\varphi = ax^2 + bxy + cy^2$ eine primitive Form der positiven Diskriminante $D = b^2 - 4ac$. Sei T, U die Fundamentallösung der PELLschen Gleichung $t^2 - Du^2 = 4$. Ist dann a positiv und m eine positive durch φ (eigentlich) darstellbare Zahl, so gibt es unter den unzählig vielen Darstellungen von m durch φ eine (die *primäre*), worin die darstellenden Zahlen x, y den Bedingungen

$$(2.)\qquad y \geqq 0\,, \qquad Ty < U(2ax + by)$$

genügen. Dies ergibt für die Form (8.) § 3 die Bedingungen

$$(3.)\qquad y \geqq 0\,, \qquad z > 0\,.$$

Sei insbesondere m die kleinste durch φ darstellbare positive Zahl. Da φ und $-\varphi$ äquivalent sind, so ist dann für alle ganzen Zahlen x, y stets $|\varphi| \geqq m$. Da aber $\varphi = P + 3yz$ auch der Form $P - 3yz$ äquivalent ist, so ist auch die Zahl $P - 3yz$ durch φ darstellbar. Nun ist die positive Form $P > 0$, und nach (3.) auch $yz \geqq 0$, $z > 0$. Folglich muß $y = 0$ sein, sonst wäre $|P - 3yz| < P + 3yz = m$. Ist aber $y = 0$, so ist $x = 1$ und $m = p$.

V. *Die Form* $\varphi = px^2 + (3p - 2q)\,xy + (r - 3q)y^2$ *ist der Form* $-\varphi$ *äquivalent. Die kleinste durch* φ *darstellbare Zahl ist* p. *Das Verhältnis zwischen der Quadratwurzel aus der Diskriminante von* φ *und der kleinsten durch* φ *darstellbaren Zahl ist*

$$\sqrt{9p^2-4} : p = 3\sqrt{1 - 4 : 9p^2} < 3\,.$$

Sind $\varphi = (a, b, c)$ und $\varphi' = (a', b', c')$ zwei quadratische Formen, so gilt für ihre Funktionaldeterminante die identische Gleichung

$$(4.)\qquad \frac{1}{4}\left(\frac{\partial(\varphi, \varphi')}{\partial(x, y)}\right)^2 = (b'^2 - 4a'c')\,\varphi^2 + (b^2 - 4ac)\,\varphi'^2 - 2(bb' - 2ac' - 2ca')\,\varphi\varphi'.$$

Nun ist

$$(5.)\qquad \frac{1}{4}\,\frac{\partial(P, P_1)}{\partial(x, y)} = -\varepsilon P_2 + 3yz_2\,, \qquad \frac{1}{4}\,\frac{\partial(P, P_2)}{\partial(x, y)} = \varepsilon P_1 + 3yz_1\,.$$

Da die erste Form der Form φ_2 äquivalent ist, so ist ihr absoluter Wert $\geqq p_2$. Aus der Gleichung

$$(6.)\qquad P^2 + P_1^2 - 3p_2 PP_1 = -(P_2 - 3\varepsilon yz_2)^2$$

folgt daher

$$P^2 + P_1^2 + p_2^2 \leqq 3p_2 PP_1,$$
(7.) $$P^2 + P_2^2 + p_1^2 \leqq 3p_1 PP_2,$$
$$P_1^2 + P_2^2 + p'^2 \leqq 3p' P_1 P_2,$$

die letzte Ungleichheit, indem man eine der beiden ersten Formeln auf die benachbarte Lösung p_1, p_2, p' anwendet.

§ 5.

In den Formeln (4.) § 2 ist p die größte der drei Zahlen p_λ. Über die Reihenfolge von p_1 und p_2 und über das Vorzeichen $\varepsilon = \pm 1$ kann man willkürlich verfügen. Wenn man gleichzeitig p_1 mit p_2 vertauscht und ε durch $-\varepsilon$ ersetzt, bleiben die Formeln ungeändert. Nimmt man aber nur eine dieser beiden Änderungen vor, so geht q in $p-q$ über, r in $r-2q+p$, und φ in die Form $(p, p+2q, q+r-2p)$, die der Form φ uneigentlich äquivalent ist. Von den beiden Zahlen q und $p-q$ ist die eine $<$, die andre $> \frac{1}{2}p$. Ich wähle von jetzt an die Reihenfolge p_1, p_2 und das Vorzeichen ε so, daß $q < \frac{1}{2}p$ wird. Dann kann man immer noch eine jener beiden Festsetzungen willkürlich treffen, die andre aber ist dadurch mitbestimmt.

Die Zahl q ist positiv, und $\pm q$ ist der absolut kleinste Rest von $\frac{p_1}{p_2}$ oder $\frac{p_2}{p_1}$ (mod p). Geht man mit Festhaltung von p zu einer benachbarten Lösung p, p_2, p_3 über, so ist $p_3 = 3pp_2 - p_1$. Daher bleibt $\frac{p_1}{p_2}$ (mod p), abgesehen vom Vorzeichen, ungeändert, wenn man p_1 durch p_3 ersetzt. Wiederholt man dies Verfahren, immer mit Festhaltung von p, beliebig oft, und gelangt man so zu der Lösung $p, p_\kappa, p_{\kappa+1}$, so ist $\pm q$ auch der absolut kleinste Rest von $\frac{p_\kappa}{p_{\kappa+1}}$ (mod p). Sollte es für eine Zahl p mehrere Ketten geben, so würden ihr auch mehrere Lösungen q der Kongruenz $q^2 \equiv -1$ (mod p) entsprechen.

Nun ist $pq_1 = qp_1 + \varepsilon p_2 < \frac{1}{2}pp_1 + p_2 < \frac{1}{2}pp_1 + \frac{p}{2p_1}$ (vgl. (5.) § 1). Also ist $2q_1 < p_1 + \frac{1}{p_1}$, und mithin ist auch $2q_1 < p_1$ (weil p_1 und q_1 teilerfremde Zahlen sind). Ebenso ist $2q_2 < p_2$. Ist dagegen $q > \frac{1}{2}p$, so ist $pq_1 > \frac{1}{2}pp_1 - p_2 > \frac{1}{2}pp_1 - \frac{p}{2p_1}$, und mithin $2q_1 > p_1$, $2q_2 > p_2$.

Da p das Minimum der Form $\varphi(x, y) = (p, 3p-2q, r-3q)$ ist, so ist $-\varphi(0, 1) = 3q - r > p$, also

(1.) $$p < 3q - r,$$

um so mehr $p < 3q$, also weil $pr - q^2 = 1$ ist,

(2.) $$2q < p < 3q, \qquad 2r < q < 3r.$$

Ferner ist nicht $\varphi(5, -2) > p$. Denn sonst wäre $2(p-2q)+(p-2r)<0$. Daher ist $\varphi(5,-2) < -p$ oder

(3.) $$p > 2q + r.$$

Für die MARKOFFschen Zahlen p, für die $p_2 = 1$ ist, und die ich in § 8 mit $p_{\kappa 1}$ bezeichnen werde, und nur für diese ist $p = 3q-r$. Ebenso ist $p = 2q+r$ nur für die Zahlen $p = p_{1\lambda}$, für die $p_1 = 2$ ist. Eliminiert man aus diesen Ungleichheiten r mit Hilfe der Gleichung $pr - q^2 = 1$, so erhält man

(4.) $$\frac{1}{2}(3+\sqrt{5}) > \frac{p}{q} > 1+\sqrt{2},$$

und zwischen denselben Grenzen liegt $\frac{q}{r}$, außer für $p = p_{1\lambda}$, wo zwar $\frac{q}{r} < 1+\sqrt{2}$, aber $\frac{q+1}{r} > 1+\sqrt{2}$ ist. Allgemeiner ist

$$3q-p-r > 3q_1 - p_1 - r_1,$$

wie man aus (12.) § 2 durch Induktion erkennt. Die in Formel (4.) angegebenen Schranken können nach (18.) § 9 nicht durch engere ersetzt werden.

Die Form φ ist der Form

(5.) $$(p, p-2q, -(2p+q-r))$$

äquivalent (parallel). Eine solche Form $\psi = (a, b, -c)$, worin a, b, c positiv sind, $b \leqq a$ ist, und a die kleinste durch ψ darstellbare Zahl ist, hat Hr. SCHUR (diese Sitzungsber. S. 214) eine Minimalform genannt. In jeder solchen Form ist

(6.) $$c \geqq 2a+b,$$

und demnach ist $3q > p+r$.

§ 6.

Einen *geordneten Komplex* $a_1 a_2 \cdots a_\nu$ von Größen oder Symbolen will ich mit einem Buchstaben A bezeichnen (JOH. BERNOULLI, Recueil pour les astronomes, tome I, M. § 6, S. 386, C. S. 265). Ist $B = b_1 b_2 \cdots b_\nu$, so bezeichne ich den Komplex $a_1 a_2 \cdots a_\nu b_1 b_2 \cdots b_\nu$ mit AB. Für diese Aneinanderreihung geordneter Komplexe gilt das *assoziative* Gesetz $(AB)C = A(BC)$, aber nicht notwendig das *kommutative* Gesetz $AB = BA$. Auf Grund des assoziativen Gesetzes ist der Sinn des Zeichens $A^4 = AAAA$ eindeutig bestimmt, ebenso der des Zeichens $A^\alpha B^\beta C^\gamma \cdots$. Ist a eine einzelne Größe, so bezeichne ich den Komplex $aaaa$ mit $(a)^4$, oder auch, wenn jede Mißdeutung ausgeschlossen ist, mit a^4, um die Häufung von Klammern zu vermeiden. Den Komplex $a_\nu a_{\nu-1} \cdots a_1$ nenne

ich den zu A *inversen* Komplex, ich bezeichne ihn mit A'. Dann ist $(ABC)' = C'B'A'$. Ist $S' = S$, so heißt der Komplex S *symmetrisch*, er kann aus einer geraden oder aus einer ungeraden Anzahl von Symbolen bestehen.

Ist $R = k_1 k_2 \cdots k_n$, so bezeichne ich den Kettenbruch

$$(k_1, k_2, \cdots k_n) = \frac{[k_1, k_2, \cdots k_n]}{[k_2, \cdots k_n]}$$

mit (R), die Eulersche Funktion, die seinen Zähler bildet, mit $[R]$. Die Formel

$$(1.) \qquad [k_1 k_2 \cdots k_{n-1} k_n] = [k_n k_{n-1} \cdots k_2 k_1]$$

lautet in dieser symbolischen Bezeichnung

$$(1.) \qquad [R] = [R'],$$

die Formel

$$(2.) \qquad [k_1 \cdots k_n][k_2 \cdots k_{n-1}] - [k_1 \cdots k_{n-1}][k_2 \cdots k_n] = (-1)^n$$

lautet

$$(2.) \qquad [pAq][A] - [pA][Aq] = (-1)^n,$$

die Rekursionsformel

$$(3.) \; [k_1 \cdots k_n] = [k_1 \cdots k_m][k_{m+1} \cdots k_n] + [k_1 \cdots k_{m-1}][k_{m+2} \cdots k_n]$$

lautet

$$(3.) \qquad [ApqB] = [Ap][qB] + [A][B].$$

Speziell ist

$$(4.) \qquad [Apq] = [Ap]q + [A].$$

Daher kann man die letzte Gleichung in geänderter Bezeichnung auf die Form

$$(5.) \qquad \frac{[ApB]}{[B]} = \left[A, \frac{[pB]}{[B]}\right], \qquad \frac{[ApB]}{[A]} = \left[\frac{[Ap]}{[A]}, B\right]$$

bringen. Insbesondere ist

$$(6.) \quad \frac{1}{q}[Apq] = \left[A, \frac{pq+1}{q}\right], \quad \frac{1}{p}[pqA] = \left[\frac{pq+1}{p}, A\right],$$

woraus sich für $q = 1$ die hier oft zu benutzenden Formeln

$$(7.) \qquad [A, p, 1] = [A, p+1], \qquad [1, p, A] = [p+1, A]$$

ergeben.

VI. *Ist $pr - q^2 = 1$ und $p > r$, so ist der Kettenbruch gerader Gliederzahl, in den sich $\frac{p}{q}$ oder $\frac{p}{p-q}$ entwickeln läßt, symmetrisch. Man kann also stets und nur in einer Weise positive ganze Zahlen $k_1, \cdots k_n$ so bestimmen, daß*

$$p = [k_1 \cdots k_n k_n \cdots k_1], \qquad r = [k_2 \cdots k_n k_n \cdots k_2],$$
$$q = [k_1 \cdots k_n k_n \cdots k_2] = [k_2 \cdots k_n k_n \cdots k_1]$$

wird.

Man kann $\frac{p}{q}$ stets und nur in einer Weise in einen Kettenbruch von gerader Gliederzahl

$$\frac{p}{q} = (k_1 k_2 \cdots k_{2n})$$

entwickeln. Dann ist

$$p = [k_1 \cdots k_{2n}], \qquad q = [k_2 \cdots k_{2n}].$$

Nun gibt es zwei positive ganze Zahlen p', q', die der Gleichung $pq' - qp' = 1$ und den Ungleichheiten $p' < p$, $q' < q$ genügen, und durch diese Bedingungen sind

$$p' = [k_1, \cdots k_{2n-1}], \qquad q' = [k_2, \cdots k_{2n-1}]$$

völlig bestimmt. Nach der Voraussetzung ist $q' = r$, $p' = q$, also

$$(8.) \qquad [k_1 \cdots k_{2n-1}] = [k_2 \cdots k_{2n}]$$

oder

$$k_1[k_2 \cdots k_{2n-1}] + [k_3 \cdots k_{2n-1}] = [k_2 \cdots k_{2n-1}]k_{2n} + [k_2 \cdots k_{2n-2}].$$

Daher ist

$$[k_3 \cdots k_{2n-1}] \equiv [k_2 \cdots k_{2n-2}] \qquad (\mathrm{mod}\ [k_2 \cdots k_{2n-1}]),$$

und weil beide Zahlen kleiner sind als der Modul,

$$(9.) \qquad [k_2 \cdots k_{2n-2}] = [k_3 \cdots k_{2n-1}],$$

und mithin ist $k_1 = k_{2n}$. Die Gleichung (9.) hat dieselbe Gestalt wie (8.), aus ihr folgt in derselben Weise $k_2 = k_{2n-1}$ usw. Dasselbe gilt von dem Bruche $\frac{p}{p-q}$, weil $p(p-2q+r)-(p-q)^2 = 1$ ist.

Nach (4.) § 2 ist $pq_1 - qp_1 = \varepsilon p_2$ und nach (5.) § 1 $p > 2p_1p_2$. Daher ist

$$\left|\frac{q}{p} - \frac{q_1}{p_1}\right| = \frac{p_2}{pp_1} < \frac{1}{2p_1^2}.$$

Mithin ist $\frac{q_1}{p_1}$ ein Näherungswert des Kettenbruchs für $\frac{q}{p}$, und $\frac{p_1}{q_1}$ ein solcher für $\frac{p}{q}$.

§ 7.

Sei $\varphi = (a, b, -a_1)$ eine indefinite Form der Diskriminante D, und h die kleinste ganze Zahl, die $> \sqrt{D}$ und $\equiv D \pmod 2$ ist. Ist dann $b = h - 2l$, so sind (F. § 2, (14.))

$$(1.) \qquad l > 0, \quad l \leqq |a|, \quad l \leqq |a_1|$$

die notwendigen und hinreichenden Bedingungen dafür, daß φ eine reduzierte Form ist. Für die Form

$$(2.)\qquad \varphi = (p,\ 3p-2q,\ -(3q-r))$$

ist $D = 9p^2-4$, $h = 3p$, $l = q$. Daher ist φ eine reduzierte Form. Sei $K = k_1\, k_2 \cdots k_{2n}$ die Periode des Kettenbruchs, in den sich ihre erste Wurzel entwickeln läßt.

Ist p ungerade, so ist φ eine primitive Form, und $T = 3p$, $U = 1$ die Fundamentallösung der Pellschen Gleichung $t^2 - Du^2 = 4$. Daher ist nach bekannten Formeln

$$(3.)\qquad \begin{aligned} &\frac{1}{2}(T-bU) = [k_2 \cdots k_{2n-1}] = q, \quad a_1 U = [k_2 \cdots k_{2n}] = 3q-r, \\ &aU = [k_1 \cdots k_{2n-1}] = p, \quad \frac{1}{2}(T+bU) = [k_1 \cdots k_{2n}] = 3p-q, \end{aligned}$$

und folglich

$$\frac{p}{q} = (k_1 \cdots k_{2n-1}), \qquad \frac{3p-q}{p} = (k_{2n} \cdots k_1).$$

Dieselben Formeln gelten, wenn p gerade, also $\frac{1}{2}\varphi$ primitiv ist. Nach den Ungleichheiten (2.) § 5 ist daher $k_1 = 2$, $k_{2n} = 2$. Folglich ist

$$\frac{3p-q}{p} = 2 + \frac{1}{(k_{2n-1}, \cdots k_1)}, \qquad \frac{p}{p-q} = (k_{2n-1}, \cdots k_2, 1, 1).$$

Der letzte Kettenbruch, worin die Anzahl der Glieder gerade ist, muß aber nach dem Satze VI, § 6 symmetrisch sein. Mithin ist $k_{2n-1} = k_{2n-2} = 1$ und

$$(4.)\qquad S = k_2 k_3 \cdots k_{2n-4} k_{2n-3}$$

ein symmetrischer Komplex gerader Gliederzahl, endlich

$$(5.)\qquad K = 2\ S\ 1\ 1\ 2.$$

Es ergeben sich also die Formeln

$$(6.)\qquad \begin{aligned} p &= [2S2], & q &= [2S] = [S2], & r &= [S], \\ p-q &= [2S1], & p-2q+r &= [1S1], & q-r &= [S1]. \end{aligned}$$

Die Periode reduzierter Formen, die mit $\varphi = \varphi_0$ beginnt, bestehe aus den $2n$ Formen

$$(7.)\qquad \varphi_\lambda = ((-1)^\lambda a_\lambda,\ 3p-2l_\lambda,\ (-1)^{\lambda+1} a_{\lambda+1}) \qquad (\lambda = 0, 1, \cdots 2n-1).$$

Dann liefern die Formeln (3.) die Ausdrücke

$$(8.)\qquad \begin{aligned} a_\lambda &= [k_{\lambda+1} \cdots k_{\lambda+2n-1}], \qquad l_\lambda = [k_{\lambda+2} \cdots k_{\lambda+2n-1}], \\ 3p-l_\lambda &= [k_{\lambda+1} \cdots k_{\lambda+2n}]. \end{aligned}$$

Da φ und $-\varphi$ äquivalent sind, so ist für einen gewissen Index m

$$(9.)\qquad k_\lambda = k_{2m-1-\lambda}, \qquad k_{m-1} = k_m, \qquad k_{m+n-1} = k_{m+n}.$$

Setzt man also

$$(10.)\quad \begin{array}{ll} \alpha = [k_m \cdots k_{m+n-1}], & \beta = [k_{m+1} \cdots k_{m+n-1}], \\ \gamma = [k_m \cdots k_{m+n-2}], & \delta = [k_{m+1} \cdots k_{m+n-2}], \end{array}$$

so ist

$$\alpha\delta - \beta\gamma = \varepsilon = (-1)^n,$$

$$3p - l_m = \alpha^2 + \gamma^2, \qquad a_m = \alpha\beta + \gamma\delta, \qquad l_m = \beta^2 + \delta^2,$$

$$3p = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2,$$

$$3p + 2\varepsilon = (\alpha + \delta)^2 + (\beta - \gamma)^2, \qquad 3p - 2\varepsilon = (\alpha - \delta)^2 + (\beta + \gamma)^2$$

im Einklang mit dem Satze III, § 1.

Ist nach der Bezeichnung des § 8 $p = p_{\lambda\lambda'}$, so ist $n = \lambda + \lambda'$ und $m = \varkappa + \varkappa'$, wo $\varkappa$ und $\varkappa'$ die beiden kleinsten positiven Zahlen sind, die der Bedingung $\varkappa\lambda' - \varkappa'\lambda = +1$ genügen.

§ 8.

Die Theorie der Markoffschen Zahlen p, der zugehörigen Zahlentripel p, q, r und der positiven Formen P wird durch eine passende Bezeichnung erheblich vereinfacht. Dazu führt eine eindeutige Beziehung zwischen diesen Tripeln und den positiven rationalen Brüchen $\rho = \frac{\alpha}{\beta}$, wo α und β ganze teilerfremde Zahlen sind. Die dem Bruche ρ entsprechende Markoffsche Zahl bezeichne ich mit p_ρ, meistens aber mit $p_{\alpha,\beta}$ oder $p_{\alpha\beta}$. Ausnahmsweise brauche ich auch das Zeichen $p_{-\alpha,-\beta} = p_{\alpha,\beta}$. Ich setze

$$(1.)\qquad p_{10} = 1, \qquad p_{01} = 2, \qquad p_{11} = 5$$

und berechne $p_{\alpha\alpha'}$ so: es seien bereits alle Zahlen $p_{\varkappa\varkappa'}$ bestimmt, wofür $(\varkappa, \varkappa') < (\alpha, \alpha')$ ist. Dies Zeichen bedeutet, daß $\varkappa \leqq \alpha$, $\varkappa' \leqq \alpha'$, aber nicht gleichzeitig $\varkappa = \alpha$ und $\varkappa' = \alpha'$ ist. Seien β, β' und γ, γ' die beiden kleinsten positiven Lösungen der beiden Gleichungen $\alpha\varkappa' - \alpha'\varkappa = \pm 1$, also

$$(2.)\qquad \alpha = \beta + \gamma, \qquad \alpha' = \beta' + \gamma'.$$

Ferner sei

$$(3.)\qquad \delta = |\beta - \gamma|, \qquad \delta' = |\beta' - \gamma'|.$$

Dann setze ich

$$(4.)\qquad p_{\alpha\alpha'} = 3\, p_{\beta\beta'}\, p_{\gamma\gamma'} - p_{\delta\delta'}.$$

So ergibt sich

$p_{32} = 1325$, $p_{53} = 7561$, $p_{72} = 9077$, $p_{73} = 51641$, $p_{92} = 62210$, $p_{83} = 135137$, $p_{74} = 294685$, $p_{11,2} = 426389$, $p_{75} = 1686049$,
$p_{35} = 14701$, $p_{85} = 37666$, $p_{27} = 499393$, $p_{37} = 1278818$.

Zwei MARKOFFsche Zahlen $a = p_{\alpha\alpha'}$ und $b = p_{\beta\beta'}$ nenne ich *konjugiert*, wenn $\alpha\beta' - \alpha'\beta = \pm 1$ ist, drei Zahlen nenne ich *konjugiert*, wenn es je zwei sind, dann gilt der Satz:

VII. *Zwischen drei konjugierten Zahlen besteht die* MARKOFF*sche Gleichung*

$$p_{\alpha\alpha'}^2 + p_{\beta\beta'}^2 + p_{\gamma\gamma'}^2 = 3 p_{\alpha\alpha'} p_{\beta\beta'} p_{\gamma\gamma'}. \tag{5.}$$

Ist für zwei konjugierte Zahlen $(\alpha, \alpha') > (\beta, \beta')$, *so ist auch* $p_{\alpha\alpha'} > p_{\beta\beta'}$.

Angenommen, dieser Satz sei schon bewiesen für die Zahlen $p_{\varkappa\varkappa'}$, wo $(\varkappa, \varkappa') < (\alpha, \alpha')$ ist. Da die oben definierten Zahlen $b = p_{\beta\beta'}$, $c = p_{\gamma\gamma'}$ und $d = p_{\delta\delta'}$ konjugiert sind, so ist

$$b^2 + c^2 + d^2 = 3bcd,$$

und d ist nicht die größte der drei Zahlen. Setzt man nach (4.) hier $d = 3bc - a$, so erhält man

$$a^2 + b^2 + c^2 = 3abc, \tag{6.}$$

und a ist nach § 1 die größte der drei Zahlen. Endlich ist

$$p_{\beta\beta'}^2 + p_{\gamma\gamma'}^2 = p_{\alpha\alpha'} p_{\delta\delta'}. \tag{7.}$$

Setzt man in den Formeln (4.), (5.) und (7.) $\alpha = \beta + \gamma$, $\delta = \beta - \gamma$, so erscheint die MARKOFFsche Gleichung als ein *Additionstheorem* für die (eindeutige) Funktion $p_{\varkappa\lambda}$ der Indizes $\varkappa$ und λ.

Jedem positiven Bruche $\rho = \frac{\varkappa}{\varkappa'}$ entspricht eine ganz bestimmte Zahl p_ρ. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß zwei verschiedenen Brüchen $\rho = \frac{\varkappa}{\varkappa'}$ und $\sigma = \frac{\lambda}{\lambda'}$ dieselbe Zahl $p_\rho = p_\sigma$ entspricht, obwohl dafür kein Beispiel bekannt ist (vgl. § 1).

Einem Zahlenpaar (α, α') entsprechen zwei ganz bestimmte ihm konjugierte Paare (β, β') und (γ, γ'), die $< (\alpha, \alpha')$ sind, und eine bestimmte Zahl

$$\pm q_{\alpha\alpha'} \equiv \frac{p_{\beta\beta'}}{p_{\gamma\gamma'}} \quad (\mathrm{mod}\; p_{\alpha\alpha'}). \tag{8.}$$

Einem Zahlentripel p, q, r entspricht eine ganz bestimmte *Kette* von Lösungen der Gleichung (6.) und ein ganz bestimmter Bruch $\frac{\alpha}{\alpha'}$. Denn damit p, q, r ein Tripel sei, ist notwendig und hinreichend, daß $pr - q^2 = 1$ ist und daß die beiden reduzierten Formen

$$(p,\ 3p - 2q,\ -(3q - r)) \qquad (3q - r,\ 3p - 2q,\ -p)$$

äquivalent sind. Dann gibt es eine Substitution mit positiven Koeffizienten, welche die erste in die zweite überführt (F. § 3). Diese

muß die Form $\begin{pmatrix} r_1 & q_1 \\ q_1 & p_1 \end{pmatrix}$ haben, und jede solche Substitution liefert nach § 3 ein konjugiertes Tripel p_1, q_1, r_1.

Für die quadratische Form $\varphi = \varphi_{\varkappa\lambda}$ ist es von Bedeutung, ob $p = p_{\varkappa\lambda}$ gerade oder ungerade ist. Darüber gilt der Satz:

VIII. *Die Markoffsche Zahl $p_{\varkappa\lambda}$ ist stets und nur dann gerade, wenn $\varkappa$ durch 3 teilbar ist.*

Sei $(\beta, \beta') > (\gamma, \gamma')$. Ist dann $\alpha\beta' - \alpha'\beta = \varepsilon$ $(= \pm 1)$, so ist $\alpha\gamma' - \alpha'\gamma = -\varepsilon$, $\alpha\delta' - \alpha'\delta = 2\varepsilon$. Ist $\eta = |\gamma - \delta|$, $\eta' = |\gamma' - \delta'|$, so ist weiter $\alpha\eta' - \alpha'\eta = \pm 3$. Ist α durch 3 teilbar, so ist es auch η, aber nicht β, γ, δ. Wir können es daher schon als bewiesen ansehen, daß $b = p_{\beta\beta'}$, $c = p_{\gamma\gamma'}$ und $d = p_{\delta\delta'}$ ungerade sind, aber $e = p_{\eta\eta'}$ gerade ist. Dann ist $a = 3bc - d$ gerade. Ist umgekehrt a gerade, so sind b, c und $d = 3bc - a$ ungerade, dagegen $e = 3cd - b$ gerade. Folglich ist η durch 3 teilbar und mithin auch α.

Ist $\alpha\beta' - \alpha'\beta = \pm 1$ und $\alpha > \alpha'$, so ist auch $\beta > \beta'$. Daraus folgt: man nehme zu einer Markoffschen Zahl $p_{\varkappa\lambda}$ eine konjugierte Zahl, dazu wieder eine konjugierte Zahl usw., bis man zu $p_{\mu\nu}$ kommt. Vermeidet man dabei die Zahlen p_{10}, p_{01} und p_{11}, so muß, wenn $\varkappa > \lambda$ ist, auch $\mu > \nu$ sein. In der § 1 konstruierten Reihe von Lösungen $L, L_1, L_2, \cdots$ kommen also nur solche Markoffsche Zahlen $p_{\varkappa\lambda}$ vor, worin $\varkappa > \lambda$ ist, oder nur solche, worin $\varkappa < \lambda$ ist.

§ 9.

Seien $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ vier positive Zahlen, die der Bedingung $\alpha\delta - \beta\gamma = \pm 1$ genügen. Sei $\varkappa$ eine positive oder negative Zahl und

$$p_\varkappa = p_{\alpha\varkappa+\beta,\, \gamma\varkappa+\delta},$$

also $p_0 = p_{\beta\delta}$, $p = p_\infty = p_{\alpha\beta}$. Dann sind $p, p_\varkappa, p_{\varkappa+1}$ konjugierte Zahlen, und es ist $p'_{\varkappa+1} = p_{\varkappa-1}$. Daher ist nach (7.) und (4.), § 8

$$(1.)\qquad p_{\varkappa+1}\, p_{\varkappa-1} - p_\varkappa^2 = p^2$$

und

$$(2.)\qquad p_{\varkappa+1} = 3p\, p_\varkappa - p_{\varkappa-1}.$$

Ist nun $D = 9p^2 - 4$ und

$$\frac{1}{2}(t_\varkappa + u_\varkappa \sqrt{D}) = \left(\frac{1}{2}(3p + \sqrt{9p^2 - 4})\right)^\varkappa = E^\varkappa$$

also $t_0 = 2$, $u_0 = 0$, $t_1 = 3p$, $u_1 = 1$, so genügen die Zahlen $t_\varkappa$ und $u_\varkappa$ derselben Rekursionsformel (2), wie $p_\varkappa$. Mithin besteht zwischen ihnen eine lineare Gleichung

$$(3.)\qquad 2p_\varkappa = p_0 t_\varkappa + (2p_1 - 3pp_0)\, u_\varkappa.$$

Ist $\varkappa > 0$, so ist $p_{\varkappa+1} > p_{\varkappa} > p$ und mithin nach (11.) und (12.), § 2

(4.) $q_{\varkappa+1} = 3pq_{\varkappa} - q_{\varkappa-1}$, $r_{\varkappa+1} = 3pr_{\varkappa} - r_{\varkappa-1}$, $P_{\varkappa+1} = 3pP_{\varkappa} - P_{\varkappa-1}$ $(\varkappa > 0)$.

Daher lassen sich $q_{\varkappa}$ und $r_{\varkappa}$ durch $t_{\varkappa}$ und $u_{\varkappa}$ oder durch $p_{\varkappa}$ und $p_{\varkappa-1}$ ausdrücken, auf die Form $ap_{\varkappa} + bp_{\varkappa-1}$ bringen, wo a und b von $\varkappa$ unabhängig sind und durch Einsetzen spezieller Werte für $\varkappa$ berechnet werden können.

Diese Formeln will ich an einigen Beispielen erläutern. Zuerst sei

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Dann ist $p = p_{10} = 1$, $p_{\varkappa} = p_{\varkappa 1}$,

$$E = \frac{3+\sqrt{5}}{2} = \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 = \vartheta^2.$$

In abgeänderter Bezeichnung setze ich

$$\frac{1}{2}(t_{\varkappa} + u_{\varkappa}\sqrt{5}) = \vartheta^{\varkappa}, \quad u_{\varkappa} = \frac{\vartheta^{\varkappa} - (-\vartheta)^{-\varkappa}}{\vartheta + \vartheta^{-1}}.$$

Dann sind $u_0 = 0$, $u_1 = 1$, $u_2 = 1$, $u_3 = 2$, $u_4 = 3$, ... die Fibonaccischen Zahlen, wofür

$$u_{\varkappa+1} = u_{\varkappa} + u_{\varkappa-1} \tag{5.}$$

ist, und

$$p_{\varkappa,1} = u_{2\varkappa+3} = u_{\varkappa+1}^2 + u_{\varkappa+2}^2 = \frac{\vartheta^{2\varkappa+3} + \vartheta^{-2\varkappa-3}}{\vartheta + \vartheta^{-1}}, \tag{6.}$$

$$q_{\varkappa,1} = p_{\varkappa-1,1}, \qquad r_{\varkappa,1} = p_{\varkappa-2,1}. \tag{7.}$$

Ist $\varkappa > 0$, so ist nach (5.) $u_{\varkappa} = [(1)^{\varkappa-1}]$, also

$$p_{\varkappa 1} = [1^{2\varkappa+2}], \quad q_{\varkappa 1} = [1^{2\varkappa}], \quad r_{\varkappa 1} = [1^{2\varkappa-2}] \tag{8.}$$

oder nach (6.) § 7

$$p_{\varkappa 1} = [2\,1^{2\varkappa-2}2], \qquad q_{\varkappa 1} = [2\,1^{2\varkappa-2}], \qquad S = (1)^{2\varkappa-2}. \tag{9.}$$

Z. B. ist

$p_{21} = 13$, $p_{31} = 34$, $p_{41} = 89$, $p_{51} = 233$, $p_{61} = 610$, $p_{71} = 1597$,
$p_{81} = 4181$, $p_{91} = 10946$, $p_{10,1} = 28657$, $p_{11,1} = 75025$, $p_{12,1} = 196418$.

Mit wachsendem $\varkappa$ nähert sich $\frac{p_{\varkappa 1}}{p_{\varkappa-1,1}} = \frac{p_{\varkappa 1}}{q_{\varkappa 1}}$ beständig wachsend der Grenze E,

$$\frac{p_{\varkappa 1}}{q_{\varkappa 1}} < \frac{p_{\varkappa+1,1}}{q_{\varkappa+1,1}} < \frac{3+\sqrt{5}}{2}. \tag{10.}$$

Die obigen Formeln lassen sich mit Hilfe der allgemeinen Relation

$$u_{\varkappa}\, u_{\lambda-1} - u_{\lambda}\, u_{\varkappa-1} = (-1)^{\lambda}\, u_{\varkappa-\lambda} \tag{11.}$$

leicht bestätigen.

Als zweites Beispiel wähle ich

$$\begin{pmatrix}\alpha & \beta \\ \gamma & \delta\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0 & 1 \\ 1 & 0\end{pmatrix},$$

also

$$p_\kappa = p_{1\kappa}, \quad p = p_{01} = 2, \quad E = 3+2\sqrt{2} = (1+\sqrt{2})^2 = \eta^2.$$

Setzt man hier

$$\frac{1}{2}(t_\lambda + v_\lambda \sqrt{2}) = \eta^\lambda, \qquad v_\lambda = \frac{\eta^\lambda - (-\eta)^{-\lambda}}{\eta + \eta^{-1}},$$

so sind

$$v_0 = 0, \quad v_1 = 1, \quad v_2 = 2, \quad v_3 = 5, \quad v_4 = 12, \quad v_5 = 29, \cdots$$

die Zahlen, die LUCAS die PELLschen, BACHMANN die DUPRÉschen Zahlen nennt. Für diese ist

$$(12.) \qquad v_{\lambda+1} = 2v_\lambda + v_{\lambda-1}.$$

Demnach ist

$$(13.) \qquad p_{1,\lambda} = v_{2\lambda+1} = \frac{\eta^{2\lambda+1} + \eta^{-2\lambda-1}}{\eta + \eta^{-1}},$$

$$(14.) \qquad q_{1,\lambda} = v_{2\lambda} = \frac{1}{2}(p_{1,\lambda} - p_{1,\lambda-1}), \qquad r_{1,\lambda} = v_{2\lambda-1} = p_{1,\lambda-1}.$$

Nach (12.) ist $v_\kappa = [2^{\lambda-1}]$, also

$$(15.) \quad p_{1\lambda} = [2\,2^{2\lambda-2}2], \quad q_{1\lambda} = [2\,2^{2\lambda-2}], \quad S_{1\lambda} = (2)^{2\lambda-2}.$$

Z. B. ist

$$p_{12} = 29, \quad p_{13} = 169, \quad p_{14} = 985, \quad p_{15} = 5741, \quad p_{16} = 33461,$$
$$p_{17} = 195025, \quad p_{18} = 1136689, \quad p_{19} = 6625109.$$

Mit wachsendem λ nähert sich $\frac{p_{1\lambda}}{q_{1\lambda}}$ beständig abnehmend der Grenze η

$$(16.) \qquad \frac{p_{1,\lambda-1}}{q_{1,\lambda-1}} > \frac{p_{1\lambda}}{q_{1\lambda}} > 1+\sqrt{2}.$$

Daher ist

$$(17.) \qquad \frac{3+\sqrt{5}}{2} > \frac{p_{\kappa 1}}{q_{\kappa 1}} > \frac{p_{11}}{q_{11}} > \frac{p_{1\lambda}}{q_{1\lambda}} > 1+\sqrt{2},$$

und folglich allgemein (vgl. (4.) § 5)

$$(18.) \qquad \lim \frac{p_{\kappa 1}}{q_{\kappa 1}} = \frac{3+\sqrt{5}}{2} > \frac{p_{\kappa\lambda}}{q_{\kappa\lambda}} > 1+\sqrt{2} = \lim \frac{p_{1\lambda}}{q_{1\lambda}}.$$

Denn nach (9.) § 2 ist

$$\begin{aligned} p_{\beta\beta'}^2 \qquad + p_{\gamma\gamma'}^2 \qquad &= p_{\alpha\alpha'}\,p_{\delta\delta'} \\ p_{\beta\beta'}\,q_{\beta\beta'} + p_{\gamma\gamma'}\,q_{\gamma\gamma'} &= q_{\alpha\alpha'}\,p_{\delta\delta'}. \end{aligned}$$

Ist also $p_{\beta\beta'} > \eta\, q_{\beta\beta'}$ und $p_{\gamma\gamma'} > \eta\, q_{\gamma\gamma'}$, so ist auch $p_{\alpha\alpha'} > \eta\, q_{\alpha\alpha'}$, und so ergibt sich aus (17.) durch Induktion die Formel (18.).

Die obigen Formeln lassen sich mit Hilfe der allgemeinen Relation

$$v_\kappa v_{\lambda-1} - v_\lambda v_{\kappa-1} = (-1)^\lambda v_{\kappa-\lambda} \tag{19.}$$

leicht bestätigen.

Als drittes Beispiel betrachte ich

$$\begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Hier ist $p = p_{11} = 5$, $D = 9p^2 - 4 = 221$, $p_\kappa = p_{\kappa+1,\kappa}$, $p_{-\kappa} = p_{\kappa-1,\kappa}$. Setzt man

$$\frac{t_\kappa + u_\kappa \sqrt{221}}{2} = \left(\frac{15 + \sqrt{221}}{2}\right)^\kappa,$$

so ist

$$2p_{\kappa+1,\kappa} = t_\kappa + 11u_\kappa, \qquad 2p_{\kappa-1,\kappa} = t_\kappa - 11u_\kappa$$

und

$$\begin{aligned} 5q_{\kappa+1,\kappa} &= 2p_{\kappa+1,\kappa} - p_{\kappa-1,\kappa}, & r_{\kappa+1,\kappa} &= p_{\kappa-1,\kappa} \\ 5q_{\kappa,\kappa+1} &= 2p_{\kappa,\kappa+1} + p_{\kappa-1,\kappa}, & r_{\kappa,\kappa+1} &= 3p_{\kappa-1,\kappa} - p_{\kappa,\kappa-1}. \end{aligned} \tag{20.}$$

Z. B. ist

$$\begin{aligned} p_{32} &= 194, & p_{43} &= 2897, & p_{54} &= 43261, & p_{65} &= 646018, \\ p_{23} &= 433, & p_{34} &= 6466, & p_{45} &= 96557, & p_{56} &= 1441889. \end{aligned}$$

Mit Hilfe der Ungleichheiten (10.) und (16.) kann man jetzt den Formeln (4.) § 2 eine schärfere Fassung geben:

IX. *Ist* $\alpha\beta' - \alpha'\beta = \pm 1$, *so ist*

$$p_{\alpha\alpha'} q_{\beta\beta'} - p_{\beta\beta'} q_{\alpha\alpha'} = (\alpha\beta' - \alpha'\beta)\, p_{\alpha-\beta,\alpha'-\beta'}. \tag{21.}$$

Beide Seiten dieser Gleichung wechseln das Zeichen, wenn man α, α' mit β, β' vertauscht. Daher kann man $(\alpha, \alpha') > (\beta, \beta')$ annehmen. Dann ist $p = p_{\alpha\alpha'} > p_{\beta\beta'} = p_1$. Ist $\gamma = \alpha - \beta$, $\gamma' = \alpha' - \beta'$, so ist auch $p > p_{\gamma\gamma'} = p_2$.

Nach (4.) § 2 ist $pq_1 - qp_1 = \varepsilon p_2$. Es ist also nur noch zu zeigen, daß das hier auftretende Vorzeichen $\varepsilon = \alpha\beta' - \alpha'\beta$ ist. Ist einer der beiden Indizes α, α' gleich 1, so folgt dies aus

$$\frac{p}{q} = \frac{p_{\kappa+1,1}}{q_{\kappa+1,1}} > \frac{p_{\kappa 1}}{q_{\kappa 1}} = \frac{p_1}{q_1}$$

oder aus

$$\frac{p}{q} = \frac{p_{1,\lambda+1}}{q_{1,\lambda+1}} < \frac{p_{1\lambda}}{q_{1\lambda}} = \frac{p_1}{q_1}.$$

Angenommen, es sei schon bewiesen, daß $p_{\beta\beta'} q_{\gamma\gamma'} - p_{\gamma\gamma'} q_{\beta\beta'} = p_1 q_2 - p_2 q_1$ das Vorzeichen $\beta\gamma' - \beta'\gamma$ hat. Nach (4.) § 2 ist dann

$$-\varepsilon = \beta\gamma' - \beta'\gamma = \beta(\alpha' - \beta') - \beta'(\alpha - \beta) = -(\alpha\beta' - \alpha'\beta).$$

§ 10.

Zu einer schärferen Einsicht in den Bau der MARKOFFschen Zahlen gelangt man, indem man in der Formel (6.) § 3 die einzelnen Substitutionen in elementare zerlegt. Zu dem Zwecke setze ich darin nach (6.) § 7 für $\varkappa = 0, 1, 2$

$$p_\varkappa = [2S_\varkappa 2], \qquad q_\varkappa = [2S_\varkappa] = [S_\varkappa 2], \qquad r_\varkappa = [S_\varkappa].$$

Ist $\varepsilon = +1$, so ist

$$p = p_1(2p_2 + q_2) + (p_1 - q_1)p_2.$$

Hier ist

$$2p_2 + q_2 = 2[2S_2 2] + [S_2 2] = [22S_2 2],$$
$$p_1 - q_1 = [2S_1 11] - [2S_1] = [2S_1 1]$$

und mithin nach (3.) § 6

$$p = [2S_1 11][22S_2 2] + [2S_1 1][2S_2 2] = [2S_1 1122S_2 2].$$

Ebenso ist

$$q = q_1(2p_2 + q_2) + (q_1 - r_1)p_2$$
$$= [S_1 11][22S_2 2] + [S_1 1][2S_2 2] = [S_1 1122S_2 2],$$

und folglich ist

$$S = S_1 1122 S_2 = S_2 2211 S_1.$$

Die zweite Formel ergibt sich aus der ersten, weil S, S_1 und S_2 symmetrische Komplexe sind. Ist $\varepsilon = -1$, so erhält man in derselben Weise oder durch Vertauschung von p_1 und p_2

$$S = S_2 1122 S_1 = S_1 2211 S_2.$$

Man setze

$$(1.) \qquad T_1 = 1122, \qquad T_{-1} = 2211 = T_1'.$$

Ist

$$S = S_{\alpha\alpha'}, \qquad S_1 = S_{\beta\beta'}, \qquad S_2 = S_{\gamma\gamma'},$$

so ist $\varepsilon = \alpha\beta' - \alpha'\beta = \gamma\beta' - \gamma'\beta$. So erhält man die grundlegende Formel (vgl. (6.) § 3)

$$(2.) \qquad S_{\alpha\alpha'} = S_{\beta\beta'} T_{\gamma\beta' - \gamma'\beta} S_{\gamma\gamma'} = S_{\gamma\gamma'} T_{\beta\gamma' - \beta'\gamma} S_{\beta\beta'}.$$

Nun ist in § 9 gezeigt, daß

$$(3.) \qquad S_{\varkappa 1} = 1^{2\varkappa - 2}, \qquad S_{1\lambda} = 2^{2\lambda - 2}$$

ist. Die Formel $S_{01} = (1)^{-2}$ kann man so auffassen, daß in einem zusammengesetzten Ausdruck, worin vor oder hinter S_{01} der Komplex 11 steht, dieser gegen S_{01} zu streichen ist.

Ich kehre jetzt zu der Bezeichnung p_i und S_i zurück. Ersetzt man den Bruch $\rho = \frac{\alpha}{\alpha'}$ durch den Kettenbruch $(x_1, x_2, \cdots x_\nu)$, so schreibe ich für S_i auch $S(x_2, x_3 \cdots x_\nu)$. Dann ist

$$\frac{\beta}{\beta'} = (x_1, \cdots x_{\nu-1}, x_\nu - 1), \qquad \frac{\gamma}{\gamma'} = (x_1, \cdots x_{\nu-1})$$

und $\alpha\beta' - \beta\alpha' = (-1)^{\nu-1}$. Demnach lautet die Formel (2.)

$$(4.)\qquad \begin{aligned} S(x_1, \cdots x_\nu) &= S(x_1, \cdots x_{\nu-1})\, T_{(-1)^\nu}\, S(x_1, \cdots x_{\nu-1}, x_\nu - 1) \\ &= S(x_1, \cdots x_{\nu-1}, x_\nu - 1)\, T_{(-1)^{\nu-1}}\, S(x_1, \cdots x_{\nu-1}). \end{aligned}$$

Daraus folgt durch wiederholte Anwendung

$$(5.)\qquad \begin{aligned} S(x_1, \cdots x_\nu) &= \big(S(x_1, \cdots x_{\nu-1})\, T_{(-1)^\nu}\big)^{x_\nu}\, S(x_1, \cdots x_{\nu-2}) \\ &= S(x_1, \cdots x_{\nu-2})\, \big(T_{(-1)^{\nu-1}}\, S(x_1, \cdots x_{\nu-1})\big)^{x_\nu}. \end{aligned}$$

Demnach ist

$$(6.)\qquad \begin{aligned} S_{\varkappa\lambda+1,\lambda} &= (1^{2\varkappa} 2^2)^{\lambda-1} 1^{2\varkappa}, \qquad S_{\lambda,\varkappa\lambda+1} = (2^{2\varkappa} 1^2)^{\lambda-1} 2^{2\varkappa}, \\ S(\varkappa, \lambda, \mu) &= ((1^{2\varkappa} 2^2)^{\lambda} 1^2)^{\mu} 1^{2\varkappa-2}, \\ S(\varkappa, \lambda, \mu, \nu) &= (((1^{2\varkappa} 2^2)^{\lambda} 1^2)^{\mu} 1^{2\varkappa} 2^2)^{\nu} (1^{2\varkappa} 2^2)^{\lambda-1} 1^{2\varkappa}. \end{aligned}$$

Aus der Formel (2.) ergeben sich durch Induktion folgende Resultate, die man an den Beispielen (3.) und (6.) bestätigen kann:

Der Komplex $S_{\lambda\mu}$ hat die Gestalt $h_1\, h_1\, h_2\, h_2 \ldots h_\sigma\, h_\sigma$, worin $\sigma = \lambda + \mu - 2$ ist. Von den σ Zahlen h_i sind $\lambda - 1$ gleich 1, und $\mu - 1$ sind gleich 2. Der Komplex $S_{\mu\lambda}$ geht aus $S_{\lambda\mu}$ hervor, indem man überall 1 mit 2 vertauscht, daher kann man sich auf den Fall $\lambda > \mu$ beschränken. Dann kommt die Zahl 2 in $S_{\lambda\mu}$ nie öfter als zweimal nacheinander vor, und es beginnt und schließt dieser symmetrische Komplex mit $1^{2\varkappa}$, wo

$$(7.)\qquad \varkappa = \left[\frac{\lambda}{\mu}\right]$$

die größte ganze Zahl in $\frac{\lambda}{\mu}$ ist. Eine Ausnahme (vgl. (2.) § 11) macht der Fall $\mu = 1$, wo

$$(8.)\qquad S_{\lambda 1} = 1^{2\lambda-2}$$

ist. Sonst hat S die Gestalt

$$(9.)\qquad S_{\lambda\mu} = 1^{2\varkappa_1} 2^2\, 1^{2\varkappa_2} 2^2\, 1^{2\varkappa_3} \ldots 2^2\, 1^{2\varkappa_\mu},$$

wo $\varkappa_1 = \varkappa_\mu = \varkappa$ und jeder der Exponenten $\varkappa_2, \varkappa_3, \ldots \varkappa_{\mu-1}$ gleich $\varkappa$ oder $\varkappa + 1$ ist. Endlich ist

$$(10.)\qquad \varkappa_1 + \varkappa_2 + \cdots \varkappa_\mu = \lambda - 1.$$

Alle diese Behauptungen gelten für $S_{\alpha\alpha'}$, wenn sie für $S_{\beta\beta'}$ und und $S_{\gamma\gamma'}$ richtig sind. In der Kettenbruchperiode $K_{\lambda\mu} = 2S_{\lambda\mu}$ 112 sind 2λ der $2n$ Nenner $k_1, k_2, \dots k_{2n}$ gleich 1, und 2μ sind gleich 2, wo λ und μ teilerfremd sind. Wenn man weiß, wie oft die 1 und wie oft die 2 in K vorkommt, so ist dadurch die Verteilung dieser Zahlen vollständig bestimmt. Aus allen diesen Ergebnissen erkennt man die Zweckmäßigkeit der in § 8 eingeführten Indizesbezeichnung.

Durch die Formel (9.) ist die Bestimmung des Komplexes $S_{\lambda\mu}$ für $\lambda > \mu$ auf die des Komplexes

$$R_{\lambda\mu} = \varkappa_1 \varkappa_2 \cdots \varkappa_n \tag{11.}$$

zurückgeführt, der ebenfalls symmetrisch ist. Rekurrierend wird $R_{\alpha\alpha'}$ nach (2.) aus

$$R_{\beta\beta'} = \varkappa_1 \cdots \varkappa_{\beta'}, \qquad R_{\gamma\gamma'} = \varkappa_{\beta'+1} \cdots \varkappa_{\beta'+\gamma'}$$

so gefunden: In dem Komplexe $R_{\beta\beta'}\, R_{\gamma\gamma'}$ ersetze man, wenn $\gamma\beta' - \gamma'\beta = +1$ ist, $\varkappa_{\beta'}$ durch $\varkappa_{\beta'}+1$, wenn aber $\gamma\beta'-\gamma'\beta = -1$ ist, $\varkappa_{\beta'+1}$ durch $\varkappa_{\beta'+1}+1$. Abgesehen von dem Ausnahmefalle (8.) sind diese Zahlen $\varkappa_{\beta'}$ und $\varkappa_{\beta'+1}$, die letzte oder die erste in einem Komplexe R gleich

$$\varkappa = \left[\frac{\alpha}{\alpha'}\right] = \left[\frac{\beta}{\beta'}\right] = \left[\frac{\gamma}{\gamma'}\right], \qquad (\beta' > 1,\ \gamma' > 1)$$

die sie ersetzenden Zahlen gleich $\varkappa+1$, in Übereinstimmung mit der Feststellung, daß in $R_{\lambda\mu}$ jede der Zahlen $\varkappa_\nu$ gleich $\varkappa$ oder $\varkappa+1$ ist.

Die angegebene Regel zur Bestimmung von $R_{\alpha\alpha'}$ läßt sich durch eine einfachere ersetzen, wenn man bedenkt, daß R symmetrisch ist. Ist β' die größere der beiden Zahlen β' und γ', so ist $2\beta' \geqq \alpha'$, weil $\alpha' = \beta'+\gamma'$ ist. Ist $\alpha' = 2\tau$ gerade, und ist $P = \varkappa_1 \dots \varkappa_\tau$ der Komplex der ersten τ Zahlen von $R_{\beta\beta'}$, so ist $R_{\alpha\alpha'} = PP'$. Ist aber $\alpha' = 2\tau+1$ ungerade, so ist

$$R_{\alpha\alpha'} = P\varkappa_{\tau+1}P'. \tag{12.}$$

Eine Ausnahme tritt den obigen Darlegungen nach nur ein, wenn $\beta' = \gamma'+1$ und $\gamma\beta'-\gamma'\beta = +1$ ist. Dann ist hier $\varkappa_{\tau+1}$ $(=\varkappa_{\beta'})$ durch $\varkappa_{\tau+1}+1$ zu ersetzen. Die Formel $R_{\alpha\alpha'} = PP'$ hat keine Ausnahme. Denn ist $\beta' = \gamma'$, also $=1$, so ist $\pm 1 = \gamma\beta'-\gamma'\beta = \gamma-\beta$ $=-1$, weil $\beta \geqq \gamma$ ist.

§ 11.

Man kann aber auch die Zahlen des Komplexes

$$R_\rho = R_{\lambda\mu} = \varkappa_1\varkappa_2\cdots\varkappa_n,$$

wo $\rho = \dfrac{\lambda}{\mu}$ ist, *independent* angeben. Es ist nämlich (vgl. C., S. 258)

$$(1.)\qquad x_\nu = [\nu\rho] - [(\nu-1)\rho] \qquad (\nu = 1, 2, \cdots \mu-1),$$

dagegen (vgl. (8.) § 10)

$$(2.)\qquad x_\mu = [\mu\rho] - [(\mu-1)\rho] - 1 = [\rho] = x_1,$$

also in allen Fällen x_ν gleich der Anzahl der ganzen Zahlen zwischen $(\nu-1)\rho$ und $\nu\rho$, die Grenzen ausgeschlossen. Zunächst ist der aus diesen Zahlen gebildete Komplex symmetrisch. Denn wenn ρ keine ganze Zahl ist, so ist

$$[\rho] + [-\rho] = -1,$$

und mithin, weil $\mu\rho$ eine ganze Zahl λ ist,

$$\begin{aligned} x_{\mu-\nu+1} &= [(\mu-\nu+1)\rho] - [(\mu-\nu)\rho] = \lambda + [-(\nu-1)\rho] - \lambda - [-\nu\rho] \\ &= [\nu\rho] - [(\nu-1)\rho] = x_\nu \qquad (\nu = 2, 3, \cdots \mu-1). \end{aligned}$$

Ferner ist, wie in Gleichung (10.) § 10

$$(3.)\qquad \sum_\nu {}_1^{\mu-1}([\nu\rho] - [(\nu-1)\rho]) + [\mu\rho] - [(\mu-1)\rho] - 1 = [\mu\rho] - 1 = \lambda - 1.$$

Nun sei für den Komplex $R_{\beta\beta'} = x_1 x_2 \cdots x_{\beta'}$ bereits bewiesen, daß

$$x_\nu = \left[\frac{\nu\beta}{\beta'}\right] - \left[\frac{(\nu-1)\beta}{\beta'}\right]$$

ist. Es ist aber

$$\frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{\beta \pm \frac{1}{\alpha'}}{\beta'}.$$

Ist also $\beta' > 1$ und $\nu < \beta'$, so ist

$$\left[\frac{\nu\beta}{\beta'}\right] = \left[\frac{\nu\alpha}{\alpha'}\right].$$

Daher gelten die Gleichungen (1.) auch für $R_{\alpha\alpha'}$. Nur in dem Ausnahmefalle, den die Formel (12.) § 10 für $\gamma' = \tau$, $\beta' = \tau + 1$ erleiden kann, ergibt sich aus dieser Betrachtung noch nicht, daß jene Gleichungen auch für $x_{\tau+1}$ zutreffen. Da sie aber für alle andern Zahlen von $R_{\alpha\alpha'}$ richtig sind, so zeigt die Vergleichung der Formeln (10.) § 10 und (3.), daß sie auch für $x_{\tau+1}$ gelten. Demnach ist die Markoffsche Zahl p mit dem Index $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ gleich dem Eulerschen Ausdruck

$$(4.)\qquad p_\rho = [1^{2\rho_1+2}\, 2^2\, 1^{2\rho_2-2\rho_1}\, 2^2\, 1^{2\rho_3-2\rho_2}\, 2^2 \cdots 2^2\, 1^{2\rho_\mu-2\rho_{\mu-1}}],$$

wo ρ_ν die größte ganze Zahl in $\nu\rho$ bedeutet, und $p_{\mu\lambda}$ ergibt sich aus $p_{\lambda\mu} = p_\rho = [h_1 h_2 \cdots h_2 h_1]$, indem man jedes h $(= 1$ oder $2)$ durch $3-h$ $(= 2$ oder $1)$ ersetzt. Nach (6.) § 7 ist daher

$$(5.)\qquad q_{\lambda\mu} + q_{\mu\lambda} \equiv r_{\lambda\mu} \equiv r_{\mu\lambda}, \qquad q_{\lambda\mu} - q_{\mu\lambda} \equiv p_{\lambda\mu} - p_{\mu\lambda} \qquad (\text{mod } 3).$$

Die sehr bemerkenswerte Formel (4.), wodurch die Abhängigkeit der Zahl p_ϱ von ϱ in der einfachsten Weise beschrieben wird, gilt auch, wenn $\lambda < \mu$ ist, ist aber dann weniger praktisch.

Demnach sind die Markoffschen Zahlen ein spezieller Fall der Zahlen

$$[1^{2\alpha}\, 2^2\, 1^{2\beta}\, 2^2\, 1^{2\gamma} \cdots 2^2\, 1^{2\omega}] = h_{\alpha,\beta,\gamma,\cdots\omega}.$$

Hier ist $h_\alpha = p_{\alpha-1}$ und nach (3.) § 6

$$h_{\alpha,\beta} = [1^{2\alpha}2][2\,1^{2\beta}] + [1^{2\alpha}][1^{2\beta}] = [1^{2\alpha+2}][1^{2\beta+2}] + [1^{2\alpha}][1^{2\beta}],$$

allgemein

$$h_{\alpha,\cdots\kappa,\lambda,\mu,\nu,\cdots\omega} = h_{\alpha\cdots\kappa,\lambda+1}\, h_{\mu+1,\nu,\cdots\omega} + h_{\alpha\cdots\kappa,\lambda}\, h_{\mu,\nu,\cdots\omega},$$

und insbesondere

$$h_{\alpha,\cdots\kappa,\lambda,\mu} = h_{\alpha,\cdots\kappa,\lambda+1}\, p_\mu + h_{\alpha,\cdots\kappa,\lambda}\, p_{\mu-1}.$$

Daher lassen sich für $\varrho > 1$ die Zahlen h_ϱ durch p_κ und $p_{\kappa+1}$ ausdrücken. Z. B. ist

$$p_{2\kappa+1,2} = p_\kappa^2 + p_{\kappa+1}^2 = 3p_\kappa p_{\kappa+1} - 1,$$

$$p_{2\kappa+1,3} = 3p_\kappa^2 + p_{\kappa+1}p_{2\kappa+1,2}, \qquad p_{2\kappa+2,3} = 3p_{\kappa+1}^2 + p_\kappa p_{2\kappa+1,2},$$

$$p_{4\kappa+1,4} = 9p_\kappa^4 + p_{2\kappa+1,2}^2, \qquad p_{4\kappa+3,4} = 9p_{\kappa+1}^4 + p_{2\kappa+1,2}^2.$$

Das erhaltene Resultat (4.) kann man mit Hilfe der Ergebnisse von Christoffel noch auf eine andere höchst einfache und seltsame Form bringen. Ist l relativ prim zu m, so will ich unter *Charakteristik* von l (mod m) das verstehen, was Christoffel ihren Hauptteil nennt (Observatio arithmetica, Annali di Mat. ser. II, tom. 6, S. 149). Sie ist ein *symmetrischer* Komplex, gebildet aus den Symbolen c und d (die *crescendo* und *decrescendo* bedeuten). Seien $r_1, r_2, \cdots r_{m-1}$ die kleinsten positiven Reste der Zahlen $l, 2l, 3l, \cdots (m-1)l$ (mod m). In dieser Reihe ordne ich jeder der ersten $m-2$ Zahlen $r_1, r_2, \cdots r_{m-2}$ das Symbol c oder d zu, je nachdem die darauffolgende Zahl größer oder kleiner ist. Diese Charakteristik bleibt ungeändert, wenn l (mod m) geändert wird. Daher will ich unter l eine Zahl zwischen 0 und m verstehen. Dann kommt unter den $m-2$ Symbolen der Charakteristik $(l-1)$ mal das Symbol d, und $(m-l-1)$ mal das Symbol c vor.

Ist nun $\lambda > \mu$, so findet man $S_{\lambda\mu}$, indem man in der Charakteristik von μ (mod $\lambda+\mu$) jedes c durch $1, 1$, und jedes d durch $2, 2$ ersetzt. So ergibt sich die Charakteristik von 1 (mod $\kappa+1$) aus der Reihe $r_1 r_2 \cdots r_{\kappa-1} r_\kappa = 1\, 2 \cdots \kappa-1, \kappa$ gleich $c^{\kappa-1}$, und mithin ist $S_{\kappa 1} = 1^{2\kappa-2}$. Oder für S_{74} gestaltet sich die Rechnung so:

$$(6.) \qquad \begin{matrix} 4 & 8 & 1 & 5 & 9 & 2 & 6 & 10 & 3 & 7 \\ c & d & c & c & d & c & c & d & c & \end{matrix}$$

Die Zahlen der ersten Reihe erhält man, indem man immer zur vorhergehenden Zahl, falls sie $<\lambda\ (=7)$ ist, $\mu\ (=4)$ addiert, falls sie aber >7 ist, 7 subtrahiert. Demnach ist

$$S_{74} = 1^2\, 2^2\, 1^4\, 2^2\, 1^4\, 2^2\, 1^2,$$

und weil $p = [2\,S\,2]$ ist,

$$p_{74} = [2\, 1^2\, 2^2\, 1^4\, 2]^2 + [2\, 1^2\, 2^2\, 1^4]^2 = 507^2 + 194^2 = 294685.$$

Allgemein lautet das Schema (6.):

$$\begin{array}{cccccc} \mu & 2\mu \cdots \varkappa\mu & (\varkappa+1)\mu & (\varkappa+1)\mu-\lambda & (\varkappa+2)\mu-\lambda \cdots & (\varkappa+\varkappa_1)\mu-\lambda \\ c & c \cdots c & d & c & c \quad \cdots & c \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} (\varkappa+\varkappa_1+1)\mu-\lambda & (\varkappa+\varkappa_1+1)\mu-2\lambda & (\varkappa+\varkappa_1+2)\mu-2\lambda \cdots & (\varkappa+\varkappa_1+\varkappa_2)\mu-2\lambda \\ d & c & c \quad \cdots & c \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} (\varkappa+\varkappa_1+\varkappa_2+1)\mu-2\lambda & (\varkappa+\varkappa_1+\varkappa_2+1)\mu-3\lambda & (\varkappa+\varkappa_1+\varkappa_2+2)\mu-3\lambda \cdots \\ d & c & c \quad \cdots \end{array}$$

Es ist also $\varkappa\mu<\lambda$, dagegen $(\varkappa+1)\mu>\lambda$ und folglich $\varkappa = \left[\frac{\lambda}{\mu}\right]$. Ebenso ist $(\varkappa+\varkappa_1)\mu-\lambda<\lambda$, dagegen $(\varkappa+\varkappa_1+1)\mu-\lambda>\lambda$, und demnach $\varkappa+\varkappa_1 = \left[\frac{2\lambda}{\mu}\right]$, $\varkappa+\varkappa_1+\varkappa_2 = \left[\frac{3\lambda}{\mu}\right]$ usw. Nach Formel (1.) stimmt also die neue Regel mit der früheren überein.

§ 12.

Um eine noch deutlichere Einsicht in das Wesen der Relation

$$\text{(1.)} \qquad \lim\inf. \frac{\sqrt{D}}{M} = 3$$

zu geben, betrachte ich zum Schluß zwei Systeme von quadratischen Formen, bei denen jener Quotient beliebig wenig >3 wird.

Sei $p, q, 1$, wie im Anfang des § 9, eine Lösung der Markoffschen Gleichung, also

$$p^2+q^2+1 = 3pq, \quad r = 3q-p, \quad p = p_{m-1}, \quad q = p_{m-2}, \quad r = p_{m-3}.$$

Die entsprechende Form

$$\text{(2.)} \qquad \varphi = (p, 3p-2q, -p)$$

der Diskriminante $9p^2-4$ ist nach (5.) § 5 der Minimalform

$$\text{(3.)} \qquad (p, p-2q, -(3p-2q))$$

äquivalent. Ebenso ist (nach der Bezeichnung des § 3) die reduzierte Form

$$\text{(4.)} \qquad \varphi-\varphi_1 = \psi = \big(p-q, p+q, -(p-q)\big)$$

der Diskriminante $9(p-q)^2+4$ äquivalent der Minimalform

$$(p-q,\, r,\, -(p+q)). \tag{5.}$$

Den Nachweis zu führen, daß $p-q$ die kleinste durch ψ darstellbare Zahl ist, ist mir nicht in so einfacher Weise gelungen, wie ich in § 4 das entsprechende Problem für die Form φ gelöst habe. Daß ψ mit $-\psi$ äquivalent ist, ist aus (4.) unmittelbar ersichtlich. Die Zahlen $t = 3(p-q)$, $u = 1$ bilden die kleinste positive Lösung der Gleichung $t^2 - Du^2 = -4$.

Besitzt diese Gleichung für eine Diskriminante D eine Lösung, so hat die Periode K der Kettenbruchnenner für jede reduzierte Form $\psi = (a, b, -a_1)$ die Gestalt $K = k_1 \cdots k_n k_1 \cdots k_n$, wo $n = 2m-1$ ungerade ist. Dann ist (vgl. (3.) § 7)

$$\begin{aligned} &\frac{1}{2}(t-bu) = [k_2 \cdots k_{n-1}] = p-2q, \qquad a_1 u = [k_2 \cdots k_n] = p-q, \\ (6.)\quad &au = [k_1 \cdots k_{n-1}] = p-q, \quad \frac{1}{2}(t+bu) = [k_1 \cdots k_n] = 2p-q. \end{aligned}$$

Daher ist

$$1 + \frac{p}{p-q} = \frac{2p-q}{p-q} = (k_1 \cdots k_n) = (k_n \cdots k_1),$$

also $k_\lambda = k_{n+1-\lambda}$ und $k_1 = k_n = 2$, demnach

$$\frac{p}{p-q} = (1 k_2 \cdots k_{n-1} 1 1).$$

Dieser Kettenbruch, dessen Gliederzahl $n+1$ gerade ist, muß nach dem Satze VI, § 6, symmetrisch sein. Mithin ist $k_2 = 1$, $k_{\lambda+1} = k_{n+1-\lambda}$, also $k_2 = k_3 = \cdots = k_{n-1} = 1$. Folglich ist

$$p = [1^{n+1}] = u_{n+2}, \quad p-q = [1^n] = u_{n+1}, \quad q = u_n.$$

Unter Benutzung der Bezeichnung (7.) § 7 ist daher $a = a_1 = [1^n]$ und

$$\begin{aligned} a_\lambda &= [1^{n-\lambda-1} 2 2 1^{\lambda-2}] > [1^{n-\lambda-1} 2][2 1^{\lambda-2}] \\ &= [1^{n-\lambda+1}][1^\lambda] = [1^{n-\lambda+1}]([1^{\lambda-1}] + [1^{\lambda-2}]) \\ &> [1^{n-\lambda+1}][1^{\lambda-1}] + [1^{n-\lambda}][1^{\lambda-2}] = [1^n] = a. \end{aligned}$$

Unter den Zahlen a_λ befinden sich aber (F. § 5, III) alle durch ψ darstellbaren Zahlen, die $< \frac{1}{2}\sqrt{D}$ sind. Mithin ist $a = p-q$ die kleinste Zahl, die durch φ dargestellt werden kann.

Ist die Gleichung $t^2 - Du^2 = -4$ lösbar, und ist ψ mit $-\psi$ äquivalent, so ist die Klasse von ψ eine zweiseitige; denn von diesen drei Symmetrien, die eine Form ψ besitzen kann, ist jede eine Folge der

beiden andern. Daher enthält die Periode von ψ zwei zweiseitige Formen ψ_m und ψ_{m+n}. Wie leicht zu zeigen, ist hier

$$m = \frac{1}{2}(n+1), \quad a_m = b_m = 3u_m^2 + 2(-1)^m, \quad a_{m+1} = 3u_m^2,$$

und weil

$$p - q = u_{2m} = u_m(u_{m+1} + u_{m-1})$$

ist,

$$D = \left(3u_m^2 + 2(-1)^m\right)\left(15u_m^2 + 2(-1)^m\right).$$

Der Wert von b_m ergibt sich aus der Formel

$$ub_\lambda = [k_{\lambda+1} \cdots k_{\lambda+n}] - [k_{\lambda+2} \cdots k_{\lambda+n-1}].$$

Allgemein stellt der Ausdruck

$$(7.) \qquad \chi_n = (u_n, u_{n-2}, -(2u_n + u_{n-2}))$$

die Minimalform (3.) oder (5.) dar, je nachdem n ungerade oder gerade ist. Für $n = \infty$ wird er der Minimalform

$$(8.) \qquad \chi_\infty = a(1, \sqrt{5}-2, -\sqrt{5})$$

der Diskriminante $D = 9a^2$ proportional. (Über diese Form vgl. Markoff, *Math. Ann.* Bd. 15, S. 382 und 397.)

Wie Hr. Remak gefunden hat, sind (7.) und (8.) die einzigen Minimalformen, $\chi_\lambda = (a, b, -c)$, wofür

$$(9.) \qquad c = 2a + b$$

ist (vgl. (6.) § 5). Dies kann man, wie mir Hr. Schur mitgeteilt hat, in einfacher Weise aus den Bedingungen $|\chi(u_\lambda + u_{\lambda-2}, u_\lambda)| \geqq a$ ableiten.

Ist n ungerade, so ist für χ_n

$$\frac{\sqrt{D}}{M} = \frac{\sqrt{9u_n^2 - 4}}{u_n} < 3$$

und nähert sich mit wachsendem n beständig zunehmend dem lim inf. 3. Ist aber n gerade, so ist

$$\frac{\sqrt{D}}{M} = \frac{\sqrt{9u_n^2 + 4}}{u_n} > 3$$

und nähert sich mit wachsendem n beständig abnehmend der Grenze 3.

Ähnliche Resultate ergeben sich für $p = p_{1n}$. Die reduzierte Form

$$\frac{1}{2}(\varphi - \varphi_1) = \psi = (q, 7q - 2p, -(5p - 11q))$$

hat die Diskriminante $9q^2 + 4$. Die kleinste durch ψ darstellbare

Zahl ist q, die halbe Periode $k_1 k_2 \cdots k_n = 2^{n-2}112$, wo $n = 2m+1$ ist. Für die zweiseitige Form ψ_{m-1} ist

$$a_{m-1} = 3v_m^2 + (-1)^m, \qquad b_{m-1} = 2a_{m-1}, \qquad a_m = 3v_m^2,$$

woraus sich für D der Ausdruck

$$D = 4\left(3v_m^2 + (-1)^m\right)\left(6v_m^2 + (-1)^m\right)$$

ergibt. Die Formen φ und ψ sind äquivalent den Minimalformen

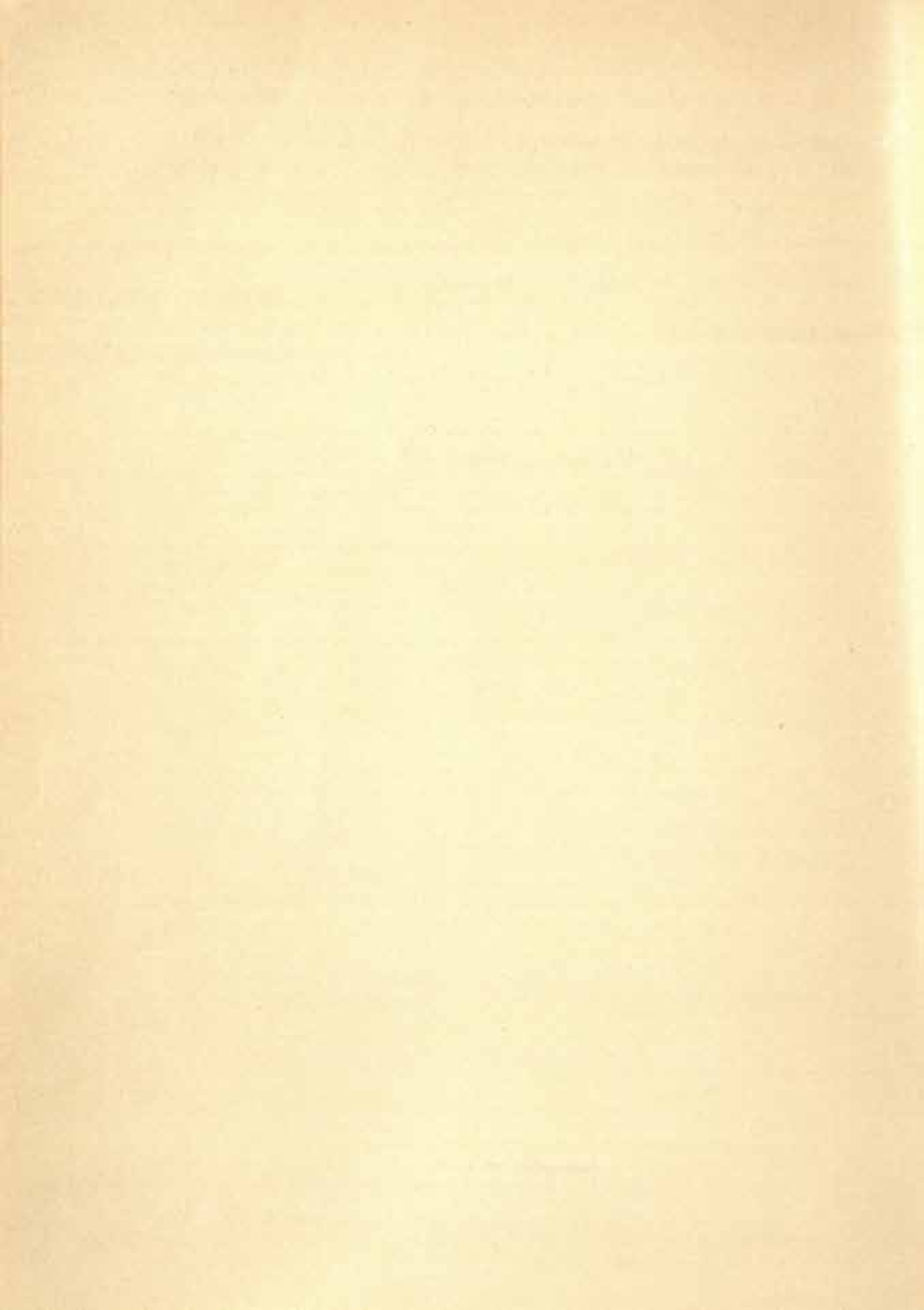
$$\left(p,\ p-2q,\ -(p+3q)\right), \qquad \left(q,\ 5q-2p,\ -(3p-5q)\right)$$

oder

$$(10.) \qquad \left(v_n,\ v_{n-2},\ -(v_n + 3v_{n-1})\right)$$

je nachdem n ungerade oder gerade ist.

Ausgegeben am 5. Juni.



1913.
XXVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

29. Mai. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

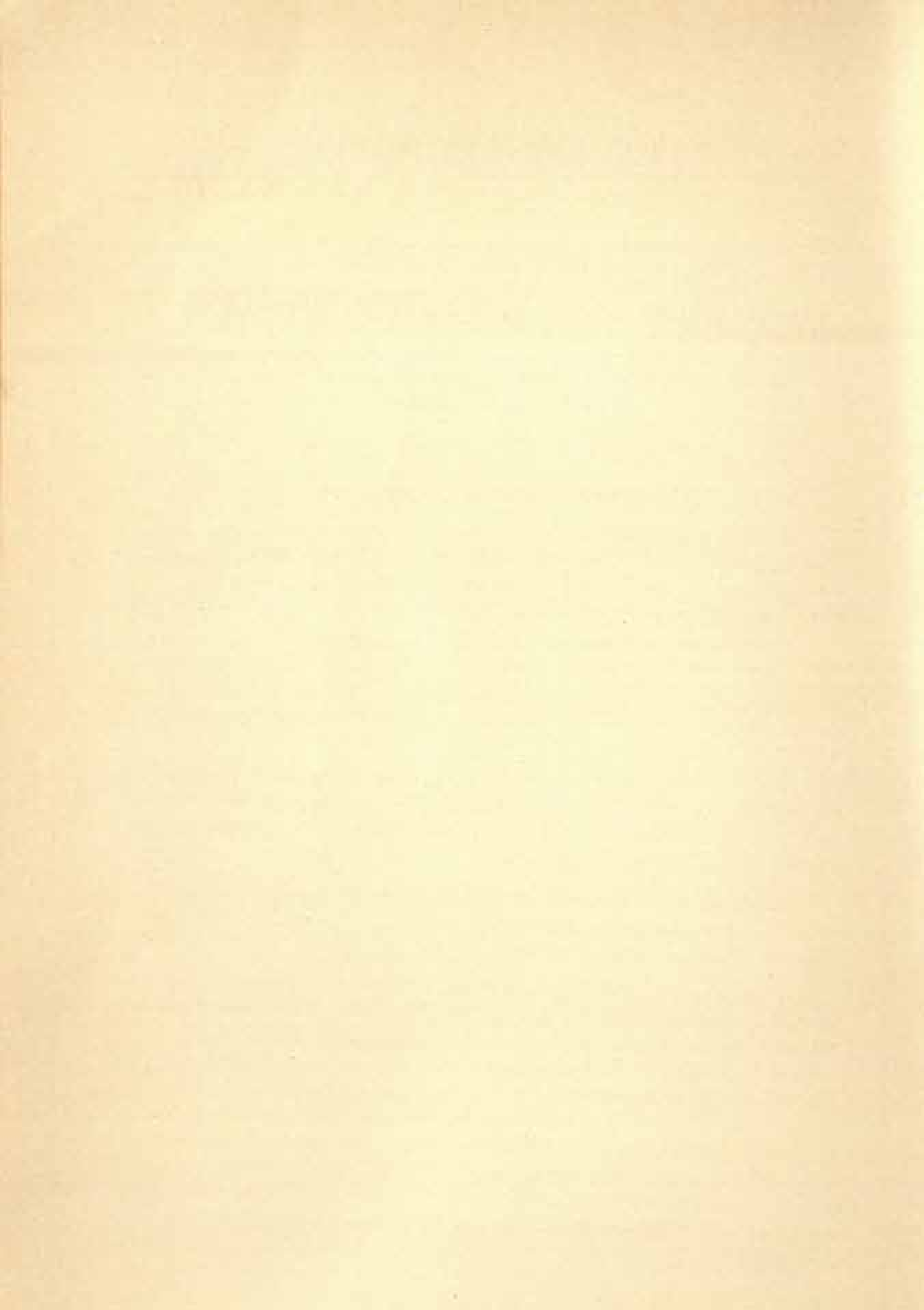
Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

*Hr. von Wilamowitz-Moellendorff las über Apollonios und Kallimachos.

Unveröffentlichtes Material bestätigt, dass Apollonios in seiner Heimat in den sechziger Jahren des dritten Jahrhunderts in Ehren gestanden hat. Damals schrieb er sein Epos, das durchaus unter dem Einfluss seines Lehrers Kallimachos steht, dessen grosse Werke älter sind. Der Sturz des Apollonios hängt mit der Berufung des Eratosthenes zusammen.

Ausgegeben am 5. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei



1913.
XXVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

5. Juni. **Gesammtsitzung.**

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

1. Hr. Fischer las über die Synthese von Depsiden, Flechtenstoffen und Gerbstoffen und legte zwei darauf bezügliche Mittheilungen vor: Über »Derivate der Pyrogallolcarbonsäure« und über die »Synthese der o-Diorsellinsäure«.

In der ersten gemeinschaftlich mit Hrn. M. Rapaport ausgeführten Untersuchung wird gezeigt, dass die Pyrogallolcarbonsäure genau so wie die Gallussäure zur Bereitung von Depsiden und Gerbstoffen benutzt werden kann. Die zweite Arbeit, an der Hr. Hermann Fischer betheiligt ist, liefert den Beweis, dass die synthetisch dargestellte o-Diorsellinsäure sowohl von der Lecanorsäure wie von der gleichfalls in den Flechten vorkommenden Gyrophorsäure verschieden ist.

2. Hr. Eduard Meyer legte vor die 23. wissenschaftliche Veröffentlichung der Deutschen Orientgesellschaft: W. Andrae, Festungswerke von Assur (Textband und Tafelband), und die 24.: W. Andrae, Die Stelenreihen in Assur (Leipzig 1913).

3. Ferner wurde vorgelegt ein neu erschienener Theil der von der Akademie unternommenen griechischen Münzwerke: Die antiken Münzen Mysiens. Bearb. von H. von Fritze. Abt. 1 (Berlin 1913).

4. Zu wissenschaftlichen Unternehmungen hat die Akademie durch die philosophisch-historische Classe bewilligt: Hrn. Koser zur Fortführung der Herausgabe der Politischen Correspondenz Friedrich's des Grossen 6000 Mark; Hrn. von Wilamowitz-Moellendorff zur Fortführung der Inscriptiones Graecae 5000 Mark; der Deutschen Commission zur Fortführung der Forschungen des Hrn. Burdach über die neuhochdeutsche Schriftsprache 4000 Mark; für die Bearbeitung des Thesaurus linguae Latinae über den etatsmässigen Beitrag von 5000 Mark hinaus noch 1000 Mark; zur Bearbeitung der hieroglyphischen Inschriften der griechisch-römischen Epoche für das Wörterbuch der aegyptischen

Sprache 1500 Mark; für das Cartellunternehmen der Herausgabe der mittelalterlichen Bibliothekskataloge als siebente Rate 500 Mark.

5. In dem Bericht über die Gesammtsitzung vom 6. Februar d. J. hat die Akademie mitgetheilt, dass die nächste Zuertheilung aus der Dr. Carl Güttler-Stiftung am 26. Januar 1914 stattfinden werde, und dass dafür 1700 Mark zur Verfügung der philosophisch-historischen Classe ständen. Inzwischen hat Hr. Prof. Güttler diese Summe durch eine dankenswerthe Zuwendung von 600 Mark auf die gleiche Höhe gebracht wie die im Vorjahre vergebene. Der Betrag von nunmehr 2300 Mark kann in einer oder mehreren Raten vergeben werden. Die Zuertheilungen erfolgen nach § 2 des Statuts der Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Zwecke, und zwar insbesondere als Gewährung von Beiträgen zu wissenschaftlichen Reisen, zu Natur- und Kunststudien, zu Archivforschungen, zur Drucklegung grösserer wissenschaftlicher Werke, zur Herausgabe unedirter Quellen und Ähnlichem.

Bewerbungen müssen bis zum 25. October d. J. im Bureau der Akademie, Berlin W 35. Potsdamer Str. 120, eingereicht werden.

Die Akademie hat in der Sitzung vom 22. Mai den Dr. Karl Freiherrn Auer von Welsbach auf Schloss Welsbach (Kärnten) und Hrn. Ernest Solvay in Brüssel zu correspondirenden Mitgliedern ihrer physikalisch-mathematischen Classe gewählt.

Über die Carbomethoxyderivate der Phenolcarbonsäuren und ihre Verwendung für Synthesen. IX.

Von Emil Fischer und Max Rapaport.

Derivate der Pyrogallolcarbonsäure.

Während die Carbomethoxylierung der p-Oxybenzoesäure, Protocatechusäure und Gallussäure in wäßrig alkalischer Lösung leicht und vollständig von statten geht, zeigten sich bei der Salicylsäure und auch noch anderen Orthophenolcarbonsäuren Schwierigkeiten. Die Carbomethoxylierung findet hier bei Anwendung molekularer Mengen nur unvollständig statt. Vermehrt man die Quantität des Chlorkohlensäuremethylesters und des Alkalis durch Wiederholung der Operation, so steigt auch die Menge des in Orthostellung carbomethoxylierten Produktes, wie insbesondere die Beobachtung bei der β-Resorcylsäure[1] gezeigt hat. In anderen Fällen läßt sich auf diese Art die Reaktion zu Ende führen. Besonders leicht gelang dies bei der Orsellinsäure[2].

Ungefähr in der Mitte zwischen der β-Resorcylsäure und der Orsellinsäure steht nun die Pyrogallolcarbonsäure. Mit der berechneten Menge Chlorkohlensäuremethylester und Alkali erhält man ein Produkt, das noch starke permanganatähnliche Färbung mit Eisenchlorid zeigt.

Wenn dagegen die Operation mit einem Überschuß an Chlorid wiederholt wird, so entsteht in guter Ausbeute die Tricarbomethoxyverbindung. Diese läßt sich durch Phosphorpentachlorid ins Chlorid verwandeln, das aus Äther leicht kristallisiert. Wir haben es zu folgenden Synthesen benutzt.

1. Bei der Behandlung mit Benzol und Aluminiumchlorid entsteht ein Produkt, das bei der Verseifung 2, 3, 4 Trioxybenzophenon liefert:

OH OH
OH⟨ ⟩CO . C_6H_5

Dieses ist identisch mit dem als Farbstoff bekannten Alizaringelb A, wodurch dessen Struktur endgültig festgelegt wird.

[1] E. Fischer und K. Freudenberg. Liebigs Annalen der Chemie **384**. 234 (1911).
[2] E. Fischer und K. Hoesch Liebigs Annalen der Chemie **391**. 366 (1912).

2. Durch Einwirkung des Chlorids auf p-Oxybenzoesäure in alkalischer Lösung, und nachträgliche Abspaltung der Carbomethoxygruppen, wurde das Didepsid

$$(OH)_3C_6H_2.CO.O.C_6H_4.COOH$$

erhalten. Es ist isomer mit der früher beschriebenen Galloyl-p-oxybenzoesäure[1]. Wir nennen es Pyrogallolcarboyl-p-oxybenzoesäure[2].

3. Traubenzucker nimmt beim Schütteln mit Chinolin und dem Chlorid in Chloroformlösung fünf »Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboyl« auf, und durch vorsichtige Verseifung dieses Produktes entsteht ein Gerbstoff der Tanninklasse, den wir für struktur-isomer mit der Pentagalloylglucose[3] halten.

Tricarbomethoxy-pyrogallolcarbonsäure.

$(CH_3.CO_2.O)_3C_6H_2.COOH$.

In einer Woulffschen Flasche, die mit einem Tropftrichter sowie mit Zu- und Ableitungsrohr versehen ist, werden 10 g käufliche Pyrogallolcarbonsäure mit 100 ccm Wasser übergossen, die Luft durch Wasserstoff verdrängt und durch einen Tropftrichter 57 ccm 2n-Natronlauge (2 Mol.) zugefügt. Beim Umschütteln löst sich die Säure mit dunkelbrauner Farbe. Man kühlt nun mit Eis-Kochsalzgemisch unter dauerndem Durchleiten von Wasserstoff, fügt durch den Tropftrichter 5 ccm Chlorkohlensäuremethylester zu und schüttelt kräftig. Das Chlorid wird rasch verbraucht, und die dunkle Farbe der Lösung schlägt zum Schluß in Hellbraun um. Man fügt jetzt wieder 28.4 ccm 2n-Natronlauge und 5 ccm Chlorkohlensäuremethylester zu und schüttelt abermals stark unter dauernder Kühlung. Die letzte Operation wird einmal mit 28.4 ccm 2n-Natronlauge und 5 ccm chlorkohlensaurem Methyl, und dann noch zweimal mit je 14.2 ccm Lauge und 2½ ccm Chlorkohlensäureester wiederholt. Schließlich gießt man in etwa 500 ccm kaltes Wasser und übersättigt sofort mit verdünnter Salzsäure. Das hierbei ausfallende Öl erstarrt beim Umrühren und Reiben bald. Die wenig gefärbte Masse

[1] E. Fischer. Ber. d. D. chem. Ges. 41. 2888 (1908).

[2] Für die den »Carbonsäuren« entsprechenden Acyle fehlt eine allgemeine Bezeichnung. Ich schlage vor, dafür das Wort »Carboyl« zu wählen, das ebenso von Carbonsäure abgeleitet ist wie Benzoyl von Benzoesäure. Das Radikal der Pyrogallolcarbonsäure $(HO)_3C_6H_2.CO$ erhält also den Namen »Pyrogallolcarboyl«, der im Nachfolgenden öfters gebraucht wird. E. Fischer.

[3] E. Fischer und K. Freudenberg. Ber. d. D. chem. Ges. 45. 929 (1912).

wird abgesaugt, nochmals mit kaltem Wasser verrieben, wieder abgesaugt und im Vakuumexsikkator getrocknet. Die Ausbeute beträgt ungefähr 17 g oder 87 Prozent der Theorie.

Zur Reinigung löst man das schwach braungefärbte Pulver in etwa 125 ccm heißem trocknen Benzol und kocht mit etwas Tierkohle. Die heißfiltrierte gelbe Lösung scheidet beim langsamen Erkalten farblose, meist warzenförmig vereinigte Kriställchen (schiefe Blättchen) ab, während beim raschen Abkühlen zuerst ölige Abscheidung stattfindet. Die Menge der abgeschiedenen Kristalle beträgt nach mehrstündigem Stehen etwa 14 g. Aus der Mutterlauge läßt sich durch Einengen eine zweite, viel kleinere Kristallisation gewinnen. Die Gesamtausbeute an farblosem Präparat betrug gewöhnlich 15.3 g oder 78.3 Prozent der Theorie. Die letzten Benzolmutterlaugen hinterlassen beim Verdampfen ein dunkelbraun gefärbtes Öl.

Zur Analyse wurde nochmals aus Benzol umkristallisiert und unter 15 mm Druck bei 73° über Phosphorpentoxyd getrocknet, wobei die exsikkatortrockne Substanz nur wenig an Gewicht verlor.

I. 0.1838 g gaben 0.3068 g CO_2 und 0.0594 g H_2O
II. 0.1518 g » 0.2518 g CO_2 » 0.0489 g H_2O

	Ber. f. $C_{13}H_{12}O_{11}$ (344.1)	Gef.
C	45.34	45.52; 45.24
H	3.52	3.62; 3.61

Da die Dicarbomethoxyverbindung für den Wasserstoff denselben Wert hat und für den Kohlenstoff nur 0.8 Prozent mehr verlangt, so haben wir noch eine Bestimmung der Methylgruppen nach ZEISEL ausgeführt, deren Resultat für die Formel der Tricarbomethoxyverbindung entscheidend ist.

I. 0.3080 g gaben 0.6320 g AgJ
II. 0.2581 g » 0.5362 g AgJ

	Ber. f. $C_{13}H_{12}O_{11}$ (344.1)	Gef.
CH_3	13.10	13.13; 13.29

Die Säure schmilzt beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr nicht ganz konstant bei 122—124° (korr.) unter Aufschäumen zu einer farblosen Flüssigkeit, und nach Beendigung der Gasentwicklung läßt sich der Rückstand größtenteils unzersetzt destillieren. Mit Wasser gekocht schmilzt die Säure, löst sich in erheblicher Menge, fällt in der Kälte wieder ölig aus und erstarrt allmählich kristallinisch. In Kaliumbicarbonat leicht löslich. Löst sich sehr leicht in Aceton, leicht in Alkohol und warmem Chloroform, schwerer in Äther.

Die alkoholische Lösung der frisch bereiteten Substanz gibt mit Eisenchlorid zunächst nur eine schwache rötliche Färbung. Beim Stehen der Lösung tritt allmählich starke Rotviolettfärbung ein, wie sie die Pyrogallolcarbonsäure und die niedriger carbomethoxylierten Derivate in so hohem Maße zeigen. Wir glauben, daß die Erscheinung durch eine langsame Abspaltung von Carbomethoxygruppen, und zwar vorzugsweise der orthoständigen Gruppe, hervorgerufen wird. Demnach sollte die absolut reine Säure mit Eisenchlorid gar keine Rotfärbung geben.

Chlorid der Tricarbomethoxy-pyrogallolcarbonsäure.

$(CH_3 . CO_2 . O)_3 . C_6H_2 . COCl$.

30 g reine, aus Benzol kristallisierte und im Exsikkator getrocknete Tricarbomethoxy-pyrogallolcarbonsäure werden in einem Fraktionierkolben unter Abschluß der Luftfeuchtigkeit mit etwa 50 ccm scharf getrocknetem Chloroform übergossen, dann 27 g frisches Phosphorpentachlorid zugefügt und geschüttelt. Unter starker Entwicklung von Chlorwasserstoff gehen die Säure und der größte Teil des Phosphorpentachlorids bald in Lösung. Unter stark vermindertem Druck werden nun Chloroform und Phosphoroxychlorid zunächst bei gewöhnlicher Temperatur und dann bei 35—40° möglichst vollständig verdunstet, wobei ein goldgelbes, zähes Öl zurückbleibt. Dieses wird in trocknem Äther gelöst, von dem unverbrauchten Phosphorpentachlorid rasch abfiltriert und die ätherische Lösung unter vermindertem Druck ohne Erwärmung ziemlich stark eingeengt, wobei in der Regel schon Kristallisation eintritt. Zum Schluß kühlt man noch mit Eis-Kochsalzmischung und saugt nach mehreren Stunden die farblosen, lanzettförmigen Nadeln ab. Sie werden durch rasches Pressen zwischen gehärtetem Filtrierpapier von der Mutterlauge befreit und im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd und Natronkalk getrocknet. Die ätherische Mutterlauge gibt beim Einengen eine zweite, viel kleinere Kristallisation. Gesamtausbeute etwa 27 g oder 85 Prozent der Theorie. Für die Analyse diente die erste Kristallisation.

0.1614 g gaben 0.2548 g CO_2 und 0.0465 g H_2O
0.2003 g » 0.0785 g AgCl

	Ber. f. $C_{13}H_{11}O_{10}Cl$ (362.55)	Gef.
C	43.03	43.06
H	3.06	3.22
Cl	9.78	9.70

Das Chlorid begann im Kapillarrohr bei 63° zu sintern und schmolz bei 67—68° (korr.). Es löste sich leicht in Aceton, Äther, Chloroform und Benzol, schwer in Petroläther.

Tricarbomethoxy-pyrogallolcarbonsäuremethylester.

$(CH_3CO_2 . O)_3 . C_6H_2 . COOCH_3$.

Das zuvor erwähnte Chlorid löst sich ziemlich leicht in Methylalkohol und setzt sich damit, zumal in der Wärme, rasch um in Chlorwasserstoff und Methylester. Letzterer wird durch Wasser ölig gefällt und läßt sich ausäthern. Zur Reinigung wurde die ätherische Lösung mit wäßriger Kaliumbicarbonatlösung geschüttelt, um alle Säure zu entfernen. Beim Verdunsten des Äthers schied sich der Ester zuerst ölig aus, erstarrte aber bald zu einer farblosen kristallinischen Masse. Ausbeute fast quantitativ. Aus der Lösung in wenig warmem Methylalkohol schied sich der Ester bei vorsichtigem Zusatz von Wasser, Abkühlen und Reiben in mikroskopischen, ziemlich dicken, manchmal an Doppelpyramiden erinnernden Kristallen aus, welche bei 82—84° (korr.) zu einer farblosen Flüssigkeit schmolzen.

0.1514 Substanz, im Vakuumexsikkator getrocknet, gaben 0.2593 g CO_2 und 0.0516 g H_2O

	Ber. f. $C_{14}H_{14}O_{11}$ (358.11)	Gef.
C	46.91	46.71
H	3.94	3.81

Der Ester löst sich leicht in kaltem Chloroform, Essigester und heißem Alkohol, schwerer in kaltem Alkohol, noch schwerer in kaltem Äther, außerordentlich schwer in Petroläther. Schmilzt auf kochendem Wasser und löst sich darin in merklicher Menge.

Leichter als nach obigem Verfahren wird er durch Carbomethoxylierung des Pyrogallolcarbonsäuremethylesters erhalten, wie folgender von O. PFEFFER auf unsere Veranlassung ausgeführter Versuch zeigt:

5 g Pyrogallolcarbonsäuremethylester wurden in einer WOULFFschen Flasche im Wasserstoffstrom mit 81.5 ccm eiskalter n-Natronlauge (3 Mol.) gelöst und unter Kühlung mit Eis-Kochsalzmischung 6.8 ccm chlorkohlensaures Methyl unter starkem Umschütteln zugegeben. Dabei schied sich ein helles Öl ab. Zur Vervollständigung der Reaktion wurden nochmals 27 ccm eiskalte n-Natronlauge und 2.3 ccm chlorkohlensaures Methyl unter starkem Schütteln zugegeben und nach einstündigem Stehen der Masse im Wasserstoffstrom das abgeschiedene Öl ausgeäthert. Um etwa noch vorhandene saure Produkte zu entfernen, wurde die ätherische Lösung mit eiskalter $^1/_{10}$ n-

Natronlauge kurz durchgeschüttelt, dann rasch abgehoben, filtriert und verdunstet. Der ölig zurückbleibende Ester erstarrte beim Reiben bald zu einer farblosen kristallinischen Masse. Ausbeute ungefähr 75 Prozent der Theorie.

Für die Analyse wurde er, wie oben, aus Methylalkohol und Wasser umgelöst und im Vakuumexsikkator getrocknet.

0.2429 g gaben 0.4193 g CO_2 und 0.0888 g H_2O.

	Ber. f. $C_{14}H_{14}O_{11}$ (358.11)	Gef.
C	46.91	47.08
H	3.94	4.09

Den Äthylester der Tricarbomethoxy-pyrogallolcarbonsäure haben wir aus dem Chlorid mit Äthylalkohol dargestellt und aus Alkohol mit Wasser umgelöst. Er kristallisiert in kleinen schiefen Tafeln und schmilzt bei 91—94° (korr.) zu einer farblosen Flüssigkeit. Er gleicht in der Löslichkeit der Methylverbindung.

0.1757 g (im Vakuumexsikkator getrocknet) gaben 0.3130 g CO_2 und 0.0690 g H_2O

	Ber. f. $C_{15}H_{16}O_{11}$ (372.13 g)	Gef.
C	48.37	48.58
H	4.33	4.40

Neue Bildung des 2, 3, 4 Trioxybenzophenons. (Alizaringelb A.)

10 g Tricarbomethoxy-pyrogallol-carboylchlorid wurden in 40 ccm trocknem, thiophenfreiem Benzol gelöst und mit 10 g frisch sublimiertem gepulverten Aluminiumchlorid unter starkem Umschütteln versetzt. Die Masse erwärmte sich von selbst und wurde 4 Stunden unter öfterem Schütteln bei 40° C gehalten. Dabei färbte sie sich langsam braun, und es entstanden zwei Schichten, deren untere schließlich dunkelbraun und fest wurde. Gleichzeitig fand langsame Entwicklung von Salzsäure statt.

Nach dem Abkühlen wurde die gesamte Masse nebst dem Benzol in eine Reibschale gebracht, mit Eis versetzt, mit überschüssiger Salzsäure verrieben und mit Äther durchgeschüttelt, wobei fast alles in Lösung ging. Um die abgehobene ätherische Lösung von Säuren zu befreien, wurde sie mit einer eiskalten wäßrigen Lösung von Kaliumbicarbonat kurz geschüttelt, abgehoben, filtriert und auf dem Wasserbade verdampft. Zur Abspaltung der Carbomethoxygruppen haben wir den dunkelbraunen, dicköligen Rückstand in 30 ccm Aceton gelöst und im Wasserstoffstrom mit 70 ccm 2n-Natronlauge versetzt. Dabei trat schwache Erwärmung ein, und die Flüssigkeit wurde erst rot, später

rotbraun. Nach vierstündigem Stehen bei Zimmertemperatur wurde mit Salzsäure übersättigt und ausgeäthert. Beim Verdampfen des Äthers blieb ein Öl, das beim Abkühlen bald zu einer schmutziggelben Masse erstarrte. Ausbeute 3.5 g oder 55 Prozent der Theorie, bezogen auf das angewandte Chlorid.

Zur Reinigung wurde in viel heißem Wasser gelöst, kurze Zeit mit Tierkohle gekocht und das Filtrat abgekühlt.

Für die Analyse diente ein mehrfach umkristallisiertes Präparat. Im lufttrocknen Zustand enthielt es 1 Mol. Wasser, das durch Trocknen über Phosphorpentoxyd bei 15 mm Druck und 98° bestimmt wurde.

0.1566 g Substanz verloren 0.0116 g H_2O.

	Ber. f. $C_{13}H_{10}O_4 + H_2O$ (248,1)	Gef.
H_2O	7.26	7.41

0.1573 g getrocknete Substanz gaben 0.3907 g CO_2 und 0.0625 g H_2O.

	Ber. f. $C_{13}H_{10}O_4$ (230.08)	Gef.
C	67.80	67.74
H	4.38	4.45

Die bei 100° im Vakuum getrocknete Substanz schmolz bei 138 bis 139° (korr.) zu einer gelben Flüssigkeit, während Gräbe und Eichengrün für das wasserfreie Alizaringelb A 140—141° angeben. Wir haben vergebens versucht, durch weiteres Umkristallisieren den Schmelzpunkt unseres Präparates zu erhöhen. Trotzdem können wir diesem Unterschied keine Bedeutung beimessen, denn eine Mischprobe unseres Präparates mit Alizaringelb A, das wir selbst durch wiederholte Reinigung des technischen Produktes der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen herstellten, zeigte keine Depression des Schmelzpunktes. Auch konnte in andern Eigenschaften, wie Farbe, Löslichkeit, Kristallform usw. kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Endlich haben wir noch die Acetylderivate verglichen. Das Produkt aus Alizaringelb A ist zuerst in den Patenten der Badischen Anilin- und Sodafabrik und später ausfürlicher von Gräbe und Eichengrün[1] beschrieben worden. Es schmilzt bei 117°. Wir können diese Angabe bestätigen, denn wir fanden 117—118° (korr.). Aus warmem Alkohol kristallisiert es recht hübsch, wir beobachteten aber keine Blättchen, sondern kompaktere Kristalle, die unter dem Mikroskop teils als schief abgeschnittene Prismen, teils als flächenreichere Formen erschienen. Ganz in der gleichen Weise haben wir nun das nach unserer Synthese dargestellte Trioxybenzophenon durch dreistündiges Kochen mit Essigsäureanhydrid dargestellt. Nachdem das über-

[1] Liebigs Annalen der Chemie **269**. 297 (1892).

schüssige Anhydrid unter stark vermindertem Druck abdestilliert war, wurde der Rückstand mehrmals aus heißem Alkohol umkristallisiert. Die farblosen Kristalle zeigten ganz die äußere Form des ersten Präparates. Der Schmelzpunkt war nicht ganz so scharf, 116—118° (korr.), Mischprobe beider Präparate schmolz bei 116—117° (korr.). Da auch die Analyse unseres letzten Präparates die alte Formel $C_{13}H_7O_4(COCH_3)_3$ bestätigt (gef. C 63.82 Prozent; H 4.55 Prozent; ber. C 64.02 Prozent; H 4.53 Prozent), so scheint uns die Identität des Alizaringelb A mit dem von uns aus Pyrogallolcarbonsäure erhaltenen 2, 3, 4 Trioxybenzophenon genügend bewiesen zu sein.

Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboyl-p-oxybenzoesäure.

$(CH_3CO_2.O)_3.C_6H_2.COO.C_6H_4.COOH.$

Zu einer durch Eis gekühlten Lösung von 5 g wasserhaltiger p-Oxybenzoesäure (1 Mol.) in 64 ccm n-Natronlauge (2 Mol.) und 5—10 ccm Wasser gießt man unter kräftigem Schütteln in mehreren Portionen eine Lösung von 11.6 g Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboylchlorid in 50 ccm trocknem Aceton. Nach kurzer Zeit trübt sich die Füssigkeit und nach 10—15 Minuten reagiert die Lösung fast neutral. Man schüttelt noch etwa eine Viertelstunde und übersättigt dann mit verdünnter Salzsäure, wobei ein starker Niederschlag entsteht. Er wird nach einstündigem Stehen der Flüssigkeit in Kältemischung abgesaugt und im Exsikkator getrocknet (14 g). Er ist ein Gemisch der Säure mit einem neutralen Körper. Zur Trennung löst man in wenig Aceton und fügt eine kalte verdünnte Lösung von überschüssigem Kaliumbicarbonat zu. Beim kräftigen Schütteln geht die Säure in Lösung. Sie wird vom Ungelösten abfiltriert und mit Salzsäure übersättigt, wobei die Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboyl-p-oxybenzoesäure als farbloser Niederschlag ausfällt. Ausbeute 7.8 g oder 53 Prozent der Theorie.

Das Produkt wird in etwa der achtfachen Menge warmem Aceton gelöst und mit heißem Wasser bis zur bleibenden Trübung versetzt. Beim langsamen Abkühlen scheiden sich feine mikroskopische Blättchen ab (6.8 g).

Zur Analyse wurde nochmals in der gleichen Weise umkristallisiert, wobei der Schmelzpunkt aber nicht mehr in die Höhe ging, und im Vakuumexsikkator getrocknet.

I. 0.1915 g gaben 0.3653 g CO_2 und 0.0633 g H_2O
II. 0.1601 g " 0.3038 g CO_2 " 0,0511 g H_2O

	Ber. f. $C_{20}H_{16}O_{13}$ (464.13)	Gef.
C	51.71	52.03; 51.75
H	3.48	3.70; 3.57

Die Säure schmilzt gegen 198—199° (korr.) unter Aufschäumen. Sie löst sich ziemlich leicht in Aceton, schwerer in Essigäther und Alkohol, recht schwer in Äther. Leicht löslich in sehr verdünntem kalten Ammoniak. Die Ätherlösung bleibt auf Zusatz von Kaliumbicarbonat und Wasser klar.

Pyrogallolcarboyl-p-oxybenzoesäure.

$(HO)_3C_6H_2COO.C_6H_4COOH$.

3 g reine Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboyl-p-oxybenzoesäure wurden im Wasserstoffstrom in 46 ccm wäßrigem n-Ammoniak (7 Mol.) gelöst, bei Zimmertemperatur 2 Stunden aufbewahrt, dann mit verdünnter Salzsäure übersättigt und der amorphe, sehr voluminöse, schmutziggelb gefärbte Niederschlag abgesaugt und im Exsikkator getrocknet (1.67 g oder 89 Prozent der Theorie). Das Rohprodukt wurde in viel heißem Aceton gelöst und heißes Wasser bis zur dauernden Trübung zugesetzt. Beim langsamen Abkühlen schied sich das Didepsid in sehr kleinen, glänzenden Kriställchen aus, die meist zu Büscheln oder Kugeln verwachsen waren. Auch bei wiederholtem Umkristallisieren behielten sie eine schwachgraue Färbung.

Das lufttrockene Präparat enthält Wasser, aber, wie es scheint, in wechselnder Menge. Dasselbe entweicht schon bei längerem Trocknen im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd. Eine so getrocknete Substanz verlor bei 100° unter 15 mm Druck nicht mehr an Gewicht.

0.1717 gaben 0.3636 g CO_2 und 0.0553 g H_2O

	Ber. f. $C_{14}H_{10}O_7$ (290.08)	Gef.
C	57.92	57.75
H	3.48	3.60

Die Säure schmilzt im Kapillarrohr nicht konstant gegen 235 bis 238° (korr.) unter Aufschäumen und Dunkelfärbung. Sie löst sich sehr schwer in kochendem Wasser, kristallisiert aber daraus in sehr feinen Nädelchen. Auch in den meisten organischen Lösungsmitteln schwer löslich. Am besten lösen Aceton und Eisessig in der Wärme. Aus letzterem kristallisiert sie beim Erkalten in feinen meist sternförmig vereinten Nädelchen. Die alkoholische Lösung gibt mit wenig Eisenchlorid eine blaue, schwach ins Violette spielende Farbe. Die alkalische Lösung wird bei Zutritt der Luft rasch braun.

Penta-[tricarbomethoxy-pyrogallolcarboyl]-glucose.

$C_6H_7O_6 . [(CH_3OOCO)_3C_6H_2CO]_5$

Wir haben den Versuch nur mit der α-Glucose ausgeführt und hier ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet, wie bei dem entsprechenden Derivat der Gallussäure[1].

10 g fein zerriebene, gebeutelte und nochmals scharf getrocknete α-Glucose wurden in einer starkwandigen Standflasche mit einer Lösung von 111 g Tricarbomethoxy-pyrogallolcarboylchlorid ($5^1/_2$ Mol.) in 150 ccm scharf getrocknetem Chloroform übergossen. Nachdem noch 41 g Chinolin ($5^3/_4$ Mol.), das längere Zeit über BaO bei 100° gestanden und schließlich darüber destilliert war, zugegeben waren, wurde auf der Maschine bei gewöhnlicher Temperatur 60 Stunden geschüttelt, wobei der Zucker völlig in Lösung ging. Die Flüssigkeit blieb dann noch 24 Stunden stehen und war zum Schluß goldgelb gefärbt und ziemlich zähe. Beim Eingießen in viel Methylalkohol schied sich eine farblose harzige Masse ab, die beim starken Abkühlen und besonders beim Verreiben mit frischem eiskalten Methylalkohol sich bald in ein feines amorphes Pulver verwandelte. Die Ausbeute betrug ungefähr 73 g oder 72.6 Prozent der Theorie, berechnet auf den angewandten Zucker. Der Verlust wird hauptsächlich durch die Löslichkeit in der großen Menge der Mutterlauge bedingt.

Um Spuren von Chinolin zu entfernen, haben wir das Rohprodukt in 150 ccm Chloroform gelöst, mehrmals mit 10 prozentiger kalter Schwefelsäure geschüttelt, zuletzt mit Wasser gewaschen und dann die Chloroformlösung in viel Petroläther unter Umrühren eingegossen. Das farblose, amorphe Pulver wurde abgesaugt und im Vakuumexsikkator getrocknet. Die Ausbeute betrug 68 g.

Zur Analyse wurde nochmals bei 65° unter 15 mm Druck über Phosphorpentoxyd getrocknet, wobei aber nur ein ganz geringer Gewichtsverlust eintrat.

0.1436 g gaben 0.2464 g CO_2 und 0.0454 g H_2O

	Ber. f. $C_{71}H_{62}O_{56}$ (1810.5)	Gef.
C	47.06	46.80
H	3.45	3.54

Zur optischen Bestimmung diente eine Lösung in Acetylentetrachlorid.

0.0954 g Subst. Gesamtgewicht der Lösung 2.8192 g $d^{18} = 1.584$ Drehung im 1-dcm-Rohr bei 18° und Natriumlicht 1.43° nach rechts. Mithin

$$[\alpha]_D^{18} = +26.68°.$$

[1] E. Fischer und K. Freudenberg. Ber. d. D. chem. Ges. **45**. 926 (1912).

0.1034 g Subst. Gesamtgewicht der Lösung 2.9841 $d^{18} = 1.585$ Drehung im 1-dcm-Rohr bei 18° und Natriumlicht 1.49° nach rechts. Mithin

$$[\alpha]_D^{18} = +27.13°.$$

Das amorphe Präparat hat keinen bestimmten Schmelzpunkt. Im Kapillarrohr begann es gegen 100° zu sintern und schmolz gegen 130° unter schwacher Gasentwicklung zu einem zähen Sirup.

Es ist in Wasser und Petroläther fast unlöslich, sehr schwer löslich in Äther, auch noch recht schwer löslich in Methyl- und Äthylalkohol, worin es in der Wärme schmilzt, dagegen leicht löslich in Aceton, Essigester, Chloroform und warmem Benzol. Die Lösung in Aceton gibt mit Eisenchlorid keine Färbung.

Penta-pyrogallolcarboyl-glucose.

$C_6H_7O_6 . [(HO)_3C_6H_2CO]_5$

In einem Gefäß, das mit einem Tropftrichter versehen ist, und durch das ein Wasserstoffstrom hindurchgeht, löst man 15 g reine Carbomethoxyverbindung in 75 ccm Aceton und läßt im Laufe von etwa 15 Minuten durch den Tropftrichter unter Schütteln 132 ccm 2n-Natronlauge (32 Mol.) langsam zufließen. Gleichzeitig sorgt man durch Kühlung dafür, daß die Temperatur der Mischung 20° nicht übersteigt. Die anfangs klare, hellbraune Lösung trübt sich zum Schluß, wird aber nach Zusatz von etwa 30 ccm Wasser wieder klar. Man läßt nun noch 1/2 Stunde bei 20° stehen und fügt dann 52 ccm 5n-Schwefelsäure zu, wobei starke Kohlensäureentwicklung stattfindet. Wird endlich das Aceton unter geringem Druck bei 25—30° verdunstet und die Flüssigkeit noch mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt, so fällt der Gerbstoff als bräunlich gefärbte, harzige Masse aus, die bei starkem Abkühlen bald erstarrt. Sie wird abgesaugt und im Vakuumexsikkator getrocknet. Die Ausbeute beträgt etwa 4.4 g. Durch Ausäthern der wäßrigen Mutterlauge wurden noch 0.45 g erhalten, die aber dunkler gefärbt waren. Gesamtausbeute 4.85 g oder 62 Prozent der Theorie.

Zur Reinigung haben wir das graugelbe Rohprodukt in einem Extraktionsapparat mit etwa der 100fachen Menge Äther 2—3 Stunden extrahiert, wobei der Farbstoff ungelöst bleibt. Beim Versetzen der ätherischen Lösung mit Petroläther fiel dann der Gerbstoff als farblose, amorphe flockige Masse aus und war nach dem Trocknen ein farbloses amorphes Pulver, das beim Reiben stark elektrisch wurde. Ausbeute 4.2 g oder 54 Prozent der Theorie.

Zur Analyse wurde bei 100° über Phosphorpentoxyd unter 15 mm Druck 5 Stunden getrocknet, wobei aber die exsikkatortrockene Substanz nur sehr wenig an Gewicht verlor.

0.1952 g gaben 0.3739 g CO_2 und 0.0639 g H_2O

	Ber. f. $C_{41}H_{32}O_{26}$ (940.26)	Gef.
C	52.33	52.24
H	3.43	3.66

Zwei andere Präparate, die nicht durch Äther gereinigt und etwas gefärbt waren, gaben etwas weniger gutstimmende Zahlen.

0.1410 g gaben 0.2690 g CO_2 und 0.0456 g H_2O,
0.1598 g » 0.3043 g CO_2 » 0.0555 g H_2O.

	Ber. f. $C_{41}H_{32}O_{26}$ (940.26)	Gef.
C	52.33	52.03, 51.93
H	3.43	3.62, 3.89

Für die optische Untersuchung diente das ganz farblose Präparat in absolut alkoholischer Lösung; da diese aber schwach gelb gefärbt war, so konnte nur eine verdünnte Lösung geprüft werden.

0.0378 g Subst.: Gesamtgewicht der Lösung 1.5009 g, $d^{18} = 0.7997$, Drehung im 1-dm-Rohr bei 18° und Natriumlicht 1.39° nach rechts. Mithin

$$[\alpha]_D^{18} = +69.01°.$$

0.0420 g Subst.: Gesamtgewicht der Lösung 1.7597 g, $d^{18} = 0.7986$, Drehung im 1-dm-Rohr bei 18° und Natriumlicht 1.32° nach rechts. Mithin

$$[\alpha]_D^{18} = +69.25°.$$

Das farblose Präparat fing gegen 160° an zu sintern und schmolz gegen 200° unter Gasentwicklung und geringer Braunfärbung.

Die Substanz wird von kaltem Wasser so schwer aufgenommen, daß das Filtrat mit Leimlösung keine Reaktion und mit Eisenchlorid nur eine äußerst schwache Färbung gibt. In heißem Wasser schmilzt sie zunächst und löst sich dann zwar nicht leicht, aber doch sehr viel mehr als in der Kälte. Die heiße wäßrige Lösung trübt sich beim Erkalten milchig und scheidet nach einiger Zeit auch Flocken ab. Versetzt man die warme Lösung mit Eisenchlorid, so entsteht sofort ein dunkler Niederschlag, und die Fällung ist so vollständig, daß das Filtrat farblos erscheint. Die warme wäßrige Lösung gibt ferner mit Leimlösung sofort eine milchige Trübung, die auch beim Kochen nicht verschwindet. Der Geschmack der festen Substanz ist sehr schwach. Nimmt man aber die rasch abgekühlte wäßrige Lösung samt dem

Niederschlag in den Mund, so bemerkt man deutlich die adstringierende Wirkung, nur ist sie im Vergleich zur Pentagalloyl-glucose und zum Tannin schwach. In überschüssigem Alkali löst sich der Körper leicht, zunächst mit gelber Farbe, die aber beim Schütteln mit Luft rasch dunkel wird.

Durch das Verhalten gegen Wasser unterscheidet sich unser Präparat von der Pentagalloyl-glucose und dem Tannin. Nun ist die Pyrogallolcarbonsäure selbst schwerer löslich in Wasser als die Gallussäure, und dasselbe kann man von manchem ihrer Derivate sagen, z. B. dem vorher beschriebenen Didepsid, der Kombination mit p-Oxybenzoesäure. Trotzdem glauben wir, daß der auffallende Unterschied bei den Glucosederivaten weniger in der wahren Löslichkeit liegt, als vielmehr in der Fähigkeit, mit Wasser kolloidale Lösungen zu bilden. Dasselbe dürfte wohl zutreffen für die Ferriverbindungen, von denen das Derivat der Penta-pyrogallolcarboyl-glucose in Wasser ganz unlöslich ist, während die Gallussäurederivate Tinten bilden. In den sonstigen Löslichkeitsverhältnissen ist aber unser Präparat den Gallussäurederivaten wieder sehr ähnlich, z. B. löst es sich recht schwer in Äther, dagegen sehr leicht in kaltem Alkohol und Aceton, woraus es allerdings durch Wasser wieder gefällt wird. Die alkoholische Lösung gibt auch mit Eisenchlorid eine intensive dunkelblaue, etwas ins Violette spielende Färbung. Ferner gibt die alkoholische Lösung mit Kaliumacetat sofort einen starken, recht hübsch aussehenden, pulverigen, aber amorphen Niederschlag. Die heiße wäßrige Lösung des Gerbstoffs gibt mit einer heißen wäßrigen Lösung von freiem Brucin oder essigsaurem Chinin trotz der großen Verdünnung sofort amorphe Niederschläge. Endlich gesteht die alkoholische 20prozentige Lösung des Gerbstoffs auf Zusatz des gleichen Volumens einer 5- oder 10prozentigen alkoholischen Lösung von Arsensäure sofort oder nach einigen Sekunden zu einer Gallerte, die sich in mehr Alkohol nicht löst.

Was die Zusammensetzung des Gerbstoffs betrifft, so gilt dasselbe, was früher für die Penta-galloyl-glucose[1] gesagt wurde. Bei der amorphen Beschaffenheit des Präparates ist keine Garantie für seine Einheitlichkeit gegeben, besonders da auch die Analysen keine sichere Unterscheidung der Penta-acylverbindung vom Tetra-acylderivat gestatten. Mit Rücksicht auf die Erfahrungen bei den Benzoylkörpern und dem Derivat der p-Oxybenzoesäure[2] halten wir es aber für sehr wahrscheinlich, daß unser Präparat auch im wesentlichen die Pentaverbindung ist. Zweifelhafter erscheint uns die Einheitlichkeit in stereo-

---

[1] Ber. d. D. chem. Ges. **45** 927 (1912).
[2] Ber. d. D. chem. Ges. **45** 933 (1912).

chemischer Beziehung. Obschon wir von reiner α-Glucose ausgegangen sind, ist es doch wahrscheinlich, daß bei der Einführung der Acylgruppen eine teilweise Umlagerung in die β-Verbindung stattfindet, und man darf kaum hoffen, daß letztere durch die wiederholte Abscheidung der amorphen Präparate aus ihren Lösungen ganz entfernt wurde. Solange es nicht gelingt, kristallisierte Präparate herzustellen, wird man sich in diesem Punkte bescheiden müssen. Wir betrachten deshalb auch die oben angegebene spezifische Drehung keineswegs als eine Konstante. Im Gegenteil, wir halten es für wahrscheinlich, daß schon bei kleiner Abänderung der Darstellungsweise Präparate von anderem Drehungsvermögen erhalten werden. Aus diesem Grunde haben wir auch darauf verzichtet, die Synthese mit der β-Glucose zu wiederholen. Es bleibt der Zukunft, die voraussichtlich über feinere experimentelle Hilfsmittel verfügen wird, vorbehalten, solche schwierigen Fragen der Gerbstoffchemie zu lösen.

Synthese der o-Diorsellinsäure.

Von Emil Fischer und Hermann O. L. Fischer.

Von der Orsellinsäure leiten sich zwei Didepside ab, je nachdem die Verkuppelung in der p- oder o-Stellung stattfindet. Bei der Einwirkung von Dicarbomethoxy-orsellinoylchlorid auf die alkalische Lösung von Orsellinsäure konnten wir früher[1] nur ein Produkt isolieren, das bei der Verseifung Lecanorsäure gab. Aus seinem Verhalten gegen Eisenchloridlösung haben wir ferner den Schluß gezogen, daß es wahrscheinlich die p-Verbindung sei, woraus für die Lecanorsäure die Struktur einer p-Diorsellinsäure zu folgern wäre. Um diesen Schluß außer Zweifel zu stellen, schien aber die Bereitung der isomeren o-Diorsellinsäure notwendig. Da ihre Isolierung bei obiger Synthese mißlang, so haben wir folgenden Umweg eingeschlagen, der wahrscheinlich auch in manchen anderen Fällen zur Bereitung von o-Didepsiden benutzt werden kann.

Der von K. Hoesch[2] beschriebene Monocarbomethoxy-orcylaldehyd, der nach seiner Entstehung und seinem Verhalten gegen Eisenchlorid die p-Verbindung ist, läßt sich mit Dicarbomethoxy-orsellinoylchlorid in alkalischer Lösung leicht kuppeln, und es entsteht in guter Ausbeute ein Produkt, dem wir folgende Formel geben:

I.

C(=O)H CO
H_3C O— H_3C $OCOOCH_3$
$OCOOCH_3$ $OCOOCH_3$

Durch Oxydation mit Kaliumpermanganat entsteht daraus die entsprechende Säure und diese wird durch Abspaltung der Carbomethoxygruppen mit verdünntem Ammoniak in die zugehörige o-Diorsellinsäure

[1] Ber. d. D. chem. Ges. **46**, 1142 [1913].

[2] Ber. d. D. chem. Ges. **46**, 887 [1913].

II.

COOH CO
H_3C O — H_3C OH
OH OH

verwandelt. Letztere unterscheidet sich von der Lecanorsäure durch die viel größere Löslichkeit in Wasser, durch den Schmelzpunkt und das Verhalten gegen Eisenchlorid, womit sie nicht die den o-Phenolcarbonsäuren eigentümliche Violettfärbung gibt.

In manchen Flechten findet sich neben Lecanorsäure die ähnliche Gyrophorsäure, und O. Hesse hält beide Substanzen für isomer[1]. Unsere Vermutung, daß die Gyrophorsäure o-Diorsellinsäure sei, hat sich aber nicht bestätigt, denn das künstliche Produkt unterscheidet sich durch Schmelzpunkt, Löslichkeit und Eisenchloridfärbung von der natürlichen Gyrophorsäure. Da nun nach der Theorie nur zwei Diorsellinsäuren anzunehmen sind, so hat die Auffassung der Gyrophorsäure als Didepsid der Orsellinsäure wenig Wahrscheinlichkeit.

Jedenfalls ist eine neue Untersuchung der Säure nötig, um Sicherheit über ihre Struktur zu erhalten.

Tricarbomethoxy-orsellinoyl-orcylaldehyd.

$$(CH_3 . CO_2 O)_2 . C_6H_2(H_3C) . CO . O . C_6H_2(H_3C)(O . CO_2 . CH_3) . COH.$$

Eine Lösung von 10 g Monocarbomethoxy-orcylaldehyd in 80 cm Aceton wird auf —15° abgekühlt und mit 47.6 ccm n-Natronlauge (1 Mol.), die ebenfalls auf —15° gebracht ist, versetzt. Hierzu gibt man auf einmal eine Lösung von 14.4 g kristallisiertem Dicarbomethoxyorsellinoylchlorid (1 Mol.) in 50 ccm trockenem Aceton und schüttelt um. Nach kurzer Zeit verschwindet die gelbe Farbe der alkalischen Lösung, die Flüssigkeit wird sauer und gesteht zu einem Brei von feinen Kristallen. Diese werden nach 10 Minuten mit etwa 500 ccm Wasser kräftig durchgeschüttelt, scharf abgesaugt und mit kaltem Alkohol gewaschen, bis ihre alkoholische Lösung mit Eisenchlorid keine Färbung mehr gibt. Ausbeute an reiner Substanz 16 g oder 70 Prozent der Theorie. Zur Analyse wurde aus heißem Alkohol umkristallisiert, woraus sich äußerst feine, biegsame Nädelchen abscheiden, die unter dem Mikroskop wie Pilzmycel aussehen.

---

[1] Journ. f. prakt. Chemie **62**, 463 (1900).

Für die Analyse wurde bei 78° und 15 mm über Phosphorpentoxyd getrocknet, wobei aber die im Exsikkator getrocknete Substanz nur einen ganz geringen Gewichtsverlust erlitt.

0.1596 g Subst.: 0.3241 g CO_2, 0.0608 g H_2O

$C_{22}H_{20}O_{12}$ (476.16) Ber. C 55.44, H 4.23

Gef. C 55.38, H 4.26

Die Substanz ist in Wasser selbst in der Hitze nahezu unlöslich, auch in warmem Äther ziemlich schwer löslich. Dagegen ziemlich leicht löslich in heißem Alkohol und warmem Benzol, in Essigäther leicht löslich, besonders in der Wärme, und ganz leicht löslich in kaltem Aceton. Aus heißem Benzol kristallisiert sie beim Abkühlen in sehr feinen, biegsamen Nädelchen, in der gleichen Gestalt scheidet sie sich aus der eingeengten ätherischen Lösung aus. Sie schmilzt nach geringem Sintern bei 111—112° (korr. 112—113°). Bei hoher Temperatur tritt Zersetzung ein.

Ihre alkoholische Lösung, der wenig Wasser zugesetzt ist, gibt mit Eisenchlorid keine besondere Färbung. Die alkoholische Lösung färbt sich auf Zusatz von Alkali rasch gelb.

Tricarbomethoxy-o-diorsellinsäure.

$$(CH_3.CO_2.O)_2C_6H_2(CH_3).CO.O.C_6H_2(CH_3)(O.CO_2.CH_3).COOH.$$

Zu einer Lösung von 5 g der vorhergehenden Substanz in 80 ccm Aceton fügt man in kleinen Portionen unter starkem Turbinieren eine heiße Lösung von 3 g Kaliumpermanganat und 3 g kristallisiertem Magnesiumsulfat in 25 ccm Wasser. Die Temperatur soll 40—50° sein und die Operation etwa 3/4 Stunden dauern. Das rasch verdampfende Aceton ist von Zeit zu Zeit zu ersetzen. Sobald das Kaliumpermanganat ganz reduziert ist, kühlt man ab, fügt starke, wäßrige, schweflige Säure hinzu, bis aller Braunstein zerstört ist und verdünnt schließlich mit Wasser. Das Reaktionsprodukt fällt ölig aus, erstarrt aber bald kristallinisch. Es wird abgesaugt und mit kaltem Wasser gewaschen. Es besteht zum größten Teil aus der gesuchten Säure, enthält aber auch nichtsaure Stoffe. Um diese zu entfernen, löst man in wenig Aceton, fügt eine konzentrierte, wäßrige Lösung von Kaliumbicarbonat im Überschuß hinzu und verdünnt allmählich mit viel Wasser, wobei die indifferenten Stoffe in filtrierbarer Form ausfallen. Die rasch filtrierte Lösung scheidet beim Übersättigen mit Salzsäure die gesuchte Säure aus. Nachdem der ölige Niederschlag fest ge-

worden ist, wird zerrieben, abgesaugt, mit kaltem Alkohol gewaschen und aus etwa 15 ccm heißem Alkohol umkristallisiert. Beim langsamen Abkühlen scheiden sich kleine, meist sechsseitige Täfelchen ab. Die Ausbeute an analysenreiner Substanz betrug 2.6g oder 50 Prozent der Theorie.

Das im Exsikkator getrocknete Präparat verlor bei 78° und 15 mm über Phosphorpentoxyd nur wenig an Gewicht und gab dann folgende Zahlen:

0.1493 g Subst.: 0.2941 g CO_2, 0.0565 g H_2O

$C_{22}H_{20}O_{13}$ (492.16) Ber. C 53.64, H 4.10

Gef. C 53.72, H 4.23

Die Substanz ist leicht löslich in kaltem Aceton und warmem Essigäther, ziemlich schwer löslich in warmem Äther und heißem Benzol; aus letzterem kristallisiert sie beim Stehen in der Kälte meist in Nadeln oder in sehr dünnen langen Prismen, die vielfach sternförmig verwachsen sind. In Wasser ist sie äußerst schwer löslich.

Die Säure beginnt beim raschen Erhitzen im Kapillarrohr gegen 150° zu sintern und schmilzt unter stürmischer Gasentwicklung gegen 156° (korr. 158°). Mit Eisenchlorid gibt sie in wäßrig-alkoholischer Lösung keine charakteristische Färbung (nur die gewöhnliche Gelbfärbung). Löst man sie in wenig Aceton, fügt starke Kaliumbicarbonatlösung hinzu und verdünnt mit viel Wasser, so tritt klare Lösung ein. In wenig Ammoniak gelöst und mit Silbernitrat im Überschuß versetzt liefert sie einen amorphen, farblosen Niederschlag, der in der Hitze zu einem Harz zusammenschmilzt.

o-Diorsellinsäure

(Formel II).

Eine Lösung von 2.5 g Tricarbomethoxy-o-diorsellinsäure in 35.6 ccm n-Ammoniak (7 Mol.) wird in einer Wasserstoffatmosphäre hergestellt und darin 3 Stunden bei 20° gehalten. Übersättigt man dann mit Salzsäure, so scheidet sich die Diorsellinsäure teils ölig, teils kristallinisch ab, erstarrt aber bald vollständig. Nach 15 Minuten wird abfiltriert. Die Menge des nur ganz schwach gelb gefärbten Rohproduktes beträgt 1.5 g oder 93 Prozent der Theorie. Versetzt man seine wäßrig-alkoholische Lösung mit einer Spur Eisenchlorid, so tritt im ersten Moment eine Rotfärbung auf, die ganz schwach ins Violette spielt, sobald man aber etwas mehr Eisenchlorid hinzugibt, schlägt die Färbung in Bräunlichrot um.

Zur weiteren Reinigung löst man die Substanz in ziemlich viel Aceton, fügt etwas Wasser hinzu, schüttelt etwa 10 Minuten mit Tierkohle, bis die Flüssigkeit entfärbt ist, filtriert und konzentriert das Filtrat durch Eindampfen im Vakuum bei Zimmertemperatur. Dabei scheidet sich die Diorsellinsäure als farbloses kristallinisches Pulver ab, das unter dem Mikroskop als wenig ausgebildete, vielfach verwachsene, kleine Nädelchen erscheint.

Die lufttrockene Substanz enthält 1 Mol. Kristallwasser:

0.1462 g Subst. verloren bei 100° und 15 mm über Phosphorpentoxyd 0.0083 g H_2O

0.1569 g Subst. verloren 0.0085 g H_2O

$C_{16}H_{14}O_7 + H_2O$ (336.12) Ber. H_2O 5.35
Gef. H_2O 5.68 5.42

Die getrocknete Substanz gab folgende Zahlen:

0.1379 g Subst.: 0.3051 g CO_2, 0.0577 g H_2O
0.1484 g " 0.3273 g CO_2, 0.0627 g H_2O

$C_{16}H_{14}O_7$ (318.11) Ber. C 60.36, H 4.44
Gef. C 60.34, H 4.68
C 60.15, H 4.73

Die Säure ist in reinem Zustand farblos, meist aber hat das Präparat einen ganz schwachen Stich ins Gelbe. Die getrocknete Säure schmilzt im Kapillarrohr beim raschen Erhitzen unter Kohlensäureentwicklung gegen 120—125°, wird wieder fest und gegen 180—185° tritt von neuem Schmelzung und Gasentwicklung ein. Sie löst sich leicht in Aceton, Alkohol, Äther und Essigäther und wird aus der ätherischen Lösung durch Petroläther gefällt. In Benzol ist sie auch in der Hitze recht schwer löslich; dasselbe gilt für kaltes Wasser. Jedoch genügt die Löslichkeit darin, um mit Chlorkalk die später beschriebene Färbung zu erzeugen. Von heißem Wasser wird sie in erheblicher Menge aufgenommen, aber dabei findet schon teilweise Zersetzung statt, denn die Flüssigkeit zeigt dann nach dem Abkühlen mit Eisenchlorid eine blauviolette Färbung. Dementsprechend läßt sich auch beim Kochen der Lösung schon nach kurzer Zeit durch vorgelegtes Barytwasser die Bildung von Kohlensäure nachweisen. Aus der Lösung, die einige Zeit gekocht ist, kristallisiert ein Produkt, das bei 180—185° unter Gasentwicklung schmilzt.

In alkoholisch-wäßriger Lösung zeigt auch die reine Diorsellinsäure dasselbe Verhalten gegen Eisenchlorid, wie es oben für das

Rohprodukt geschildert wurde. Beim Erhitzen der Lösung geht aber die braunrote Farbe bald in blauviolett über, was wiederum auf Zersetzung hinweist. Die wäßrige Lösung der Diorsellinsäure oder ihre Suspension in kaltem Wasser gibt, genau wie die Orsellinsäure, mit verdünnter Chlorkalklösung eine starke blutrote Farbe, die durch überschüssigen Chlorkalk ziemlich bald zerstört wird. Die Diorsellinsäure löst sich auch ohne Zugabe von Aceton ziemlich rasch in einer kalten Lösung von Kaliumbicarbonat.

Endlich gibt die warm bereitete und dann rasch abgekühlte wäßrige Lösung der Säure mit Leimlösung eine milchige Trübung, die beim stärkeren Abkühlen und Schütteln zusammenballt und sich in der Wärme leicht löst. Obschon die Reaktion wegen der geringen Löslichkeit der Diorsellinsäure nicht so charakteristisch ist wie in anderen Fällen, so kann sie doch zur Unterscheidung von der Orsellinsäure dienen, denn diese gibt unter den gleichen Bedingungen mit Leimlösung keine milchige Ausscheidung. Wir bemerken übrigens, daß die Leimfällung auch bei der o-Diorsellinsäure ausbleibt, wenn man ihre Lösung nur durch Schütteln mit Wasser von 20—25° herstellt, offenbar weil unter diesen Umständen zu wenig in Lösung geht.

Über die Absorption des Wasserdampfs und über neue Reststrahlengruppen im Gebiete der großen Wellenlängen.

Von H. RUBENS.

(Vorgetragen am 13. Februar 1913 [s. oben S. 201]).

Die bisherigen Versuche mit Reststrahlen haben in erster Linie dazu gedient, die Eigenschaften langwelliger Wärmestrahlen zu erforschen, insbesondere deren elektromagnetischen Charakter nachzuweisen. Hierfür war es ausreichend, ihre mittlere Wellenlänge zu kennen und ein angenähertes Bild ihrer Energieverteilung zu besitzen. Will man jedoch aus der Energieverteilung der Reststrahlen auf den spektralen Verlauf des Reflexionsvermögens und auf die Lage der Resonanzgebiete der reflektierenden Flächen schließen, eine Aufgabe, welche durch die neueren Arbeiten des Hrn. NERNST und seiner Schüler über den Wärmeinhalt fester Körper ein hervorragendes Interesse gewonnen hat, so ist es nötig, alle Faktoren zu untersuchen, welche die Energieverteilung beeinflussen. Zu diesen gehören außer der selektiven Reflexion der reflektierenden Flächen, die Energieverteilung der verwendeten Strahlungsquelle, die Zahl der Reflexionen, die Schwärzung des Strahlungsempfängers sowie die selektive Absorption sämtlicher im Strahlengange befindlicher Medien[1]. Ferner ist zu beachten, daß die Wellenlänge des maximalen Reflexionsvermögens im allgemeinen nicht mit derjenigen der stärksten Absorption übereinstimmt[2].

Inwieweit die Wahl der Lichtquelle und die Zahl der Reflexionen auf die mittlere Wellenlänge und spektrale Zusammensetzung der Reststrahlen von Einfluß sind, ist an dem Beispiel von Fluorit früher von

[1] Vgl. hierzu H. RUBENS, Ann. d. Phys. 26, S. 619, 1908 und H. RUBENS und H. HOLLNAGEL, diese Berichte, S. 45, 1910.

[2] Vgl. H. RUBENS und E. LADENBURG, Dispersion des Wassers, Verh. d. Dt. Phys. Ges. 1909. S. 16. KÖNIGSBERGER und KILCHLING, Ann. d. Phys. 28, S. 889, 1909 und 32, S. 843, 1910 und T. H. HAVELOCK, Proc. of the Roy. Soc. Ser. A, Vol. 86, S. 1, 1911.

Hrn. E. F. Nichols und mir[1] und für Steinsalz und Sylvin später von Hrn. Hollnagel[2] gezeigt worden. Es ergab sich, daß diese Einflüsse gegenüber demjenigen der selektiven Reflexion der Flächen in allen untersuchten Fällen stark zurücktreten. Dagegen wird, wie in dem Folgenden bewiesen werden soll, die Energieverteilung der Reststrahlen durch die selektive Absorption des Wasserdampfs der Zimmerluft stark beeinflußt. So hat sich ergeben, daß das Auftreten der beiden Maxima in der Intensitätskurve der Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium der Wasserdampfabsorption zugeschrieben werden muß.

In einer früheren Untersuchung habe ich in Gemeinschaft mit E. Aschkinass gezeigt, daß der Wasserdampf in dem langwelligen Teile des ultraroten Spektrums, soweit dieses durch die spektrometrische Methode zugänglich ist, erheblich absorbiert und eine Reihe von Absorptionsstreifen besitzt, deren Wellenlängen zu 11.6 μ, 12.4 μ, 13.4 μ, 14.3 μ, 15.7 μ und 17.5 μ ermittelt wurden[3]. Auch in dem Bereich noch größerer Wellenlängen, in welchem die spektrometrische Methode versagt, gehört der Wasserdampf zu den stark absorbierenden Gasen, denn eine 40 cm dicke Wasserdampfschicht von 100° C und Atmosphärendruck absorbiert die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin vollständig, diejenigen von Bromkalium und Jodkalium zum größten Teil. Die Möglichkeit lag vor, daß die Absorption des Wasserdampfs in dem Gebiete der langen Wellen ebenso wie in dem zwischen 11 μ und 18 μ gelegenen Spektralbereich stark selektiv sein würde. Aus diesem Grunde hat bereits Hr. Hollnagel einen Versuch ausgeführt, um festzustellen, ob der Wasserdampf auf die Energieverteilung der Reststrahlen von Steinsalz einen erheblichen Einfluß ausübt. Er ist dabei zu einem negativen Resultat gelangt, weil, wie sich durch die vorliegenden Versuche ergeben hat, die von ihm zu diesem Zweck in den Strahlengang eingeschaltete Dampfschicht im Verhältnis zu der bereits darin vorhandenen sehr erheblichen Dampfmenge, zu gering war.

Zur abermaligen Prüfung dieser Frage wurde ich durch die Tatsache veranlaßt, daß bei der Untersuchung einer Anzahl neuer Reststrahlengruppen sich wiederum Einsenkungen in den Energiekurven bemerkbar machten, welche ihrer Lage nach mit den Minimis früher untersuchter Reststrahlen nahezu übereinstimmten.

---

[1] H. Rubens und E. F. Nichols, Wied. Ann. 60, S. 45, 1897.

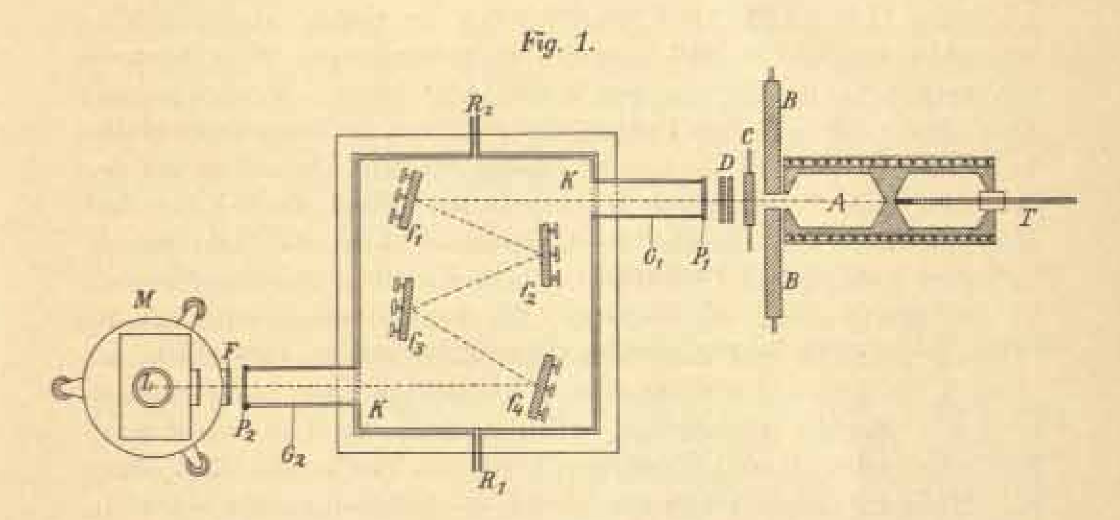
[2] H. Hollnagel: »Über die Abhängigkeit der Energieverteilung und Wellenlänge der Reststrahlen von den Versuchsbedingungen«, Inauguraldissertation, Berlin 1910.

[3] H. Rubens und E. Aschkinass, Wied. Ann. 64, S. 584, 1898.

1. Versuchsanordnung und Ergebnisse früherer Messungen.

Als Strahlungsquelle diente entweder ein Auerbrenner[1] oder ein schwarzer Körper. Der letztere ist in Fig. 1 angedeutet und mit A bezeichnet. Er befand sich hinter einem durch strömendes Wasser gekühlten Diaphragma B, und vor diesem war ein Steinsalzschirm C angebracht. Durch Verschiebung dieses Schirmes wurde der langwelligen Strahlung der Durchgang durch die Quarzplatten D des Interferometers und der Eintritt in den Kasten K ermöglicht, welcher die vier reflektierende Platten f_1, f_2, f_3 und f_4 aus der untersuchten Substanz enthielt. Drei von diesen Platten (f_1, f_2 und f_3) waren mit ebenen Oberflächen

Fig. 1.



versehen, die vierte dagegen f_4 als Hohlspiegel mit solcher Krümmung geschliffen, daß auf der temperaturempfindlichen Lötstelle L des Mikroradiometers M ein reelles Bild des Diaphragmas B entstand. Den Boden des Kastens K bildete eine rechteckige Marmorplatte. Auf diese konnte ein parallelepipedischer Helm aus Eisenblech luftdicht schließend aufgesetzt werden. Zu diesem Zwecke war die Marmortafel an ihrem

[1] Es gelangten zwei Formen des Auerbrenners zur Anwendung. Der Brenner Nr. I mit aufrechtstehendem Glühstrumpf ist der nämliche, welcher bei den früheren Reststrahlenversuchen (H. Rubens und H. Hollnagel, diese Berichte, 1910) als Lichtquelle gedient hatte. Der mit Nr. II bezeichnete Brenner ist dagegen ein Invert-C-Brenner der Firma Julius Pintsch. Dieser Brenner wurde bei den Versuchen mit der Quarzlinsenanordnung (H. Rubens und R. W. Wood, diese Berichte, 1910) zuerst für langwellige Strahlung verwendet. Er ist relativ reicher an Strahlung von großer Wellenlänge als der Brenner mit aufrechtem Strumpfe, insbesondere gilt dies für die in vertikaler Richtung von dem Invertbrenner ausgesandte Strahlung, zu welcher der als Brennerkopf dienende glühende Schamottezylinder einen verhältnismäßig großen Anteil liefert.

Rande mit einer 1 cm breiten, 1.5 cm tiefen Quecksilberrinne versehen, in welche der Eisenhelm genau hineinpaßte. Hierdurch wurde ein luftdichter Verschluß gewährleistet, ohne daß das Öffnen des Kastens Unbequemlichkeiten bereitete. In die Seitenwände des Helms waren vier Messingröhren G_1, G_2, R_1 und R_2 eingesetzt. G_1 und G_2 besaßen 7 cm lichte Weite und waren an den Enden durch 0.75 mm dicke Quarzplatten P_1 und P_2 geschlossen. Die Länge dieser Röhren war so bemessen, daß die Verschlußplatte P_1 von dem Interferometer D, die Verschlußplatte P_2 von dem Quarzfenster F des Mikroradiometers M nur wenige Millimeter entfernt war. Die 1 cm weiten Ansatzröhren R_1 und R_2 dienten dazu, den Kasten K mit trockener Luft zu füllen. Die dichtschließende Glocke des Mikroradiometers blieb dauernd mit trockener Luft gefüllt. Das Interferometer ist früher[1] ausführlich beschrieben worden, so daß hier die Einrichtung und Wirkungsweise des Instruments nur mit wenigen Worten angedeutet zu werden braucht. Eine dünne planparallele Luftschicht wird von 2 ebenen Quarzplatten begrenzt, von welchen die eine im Raume feststeht, die andere auf dem Schlitten einer Teilmaschine angebracht ist. Durch Drehen der Teilmaschine wird der Abstand der Quarzplatten bzw. die Dicke der dazwischen befindlichen Luftschicht geändert. Wird das Interferometer in den Strahlengang eingeschaltet, die beiden Quarzplatten zur Berührung gebracht und dann allmählich die Dicke der Luftschicht vergrößert, so zeigen die beobachteten Ausschläge periodische Schwankungen[2]. Maxima ergeben sich, wenn die Dicke der Luftschicht gleich Null oder gleich einem ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge ist. Minima dagegen erhält man, wenn die Luftplattendicke einem ungradzahligen Vielfachen der Viertelwellenlänge gleich ist. Trägt man die beobachteten Ausschläge als Funktion der Luftplattendicke auf, so entstehen Kurven, mit Hilfe deren man die mittlere Wellenlänge der Strahlung aus der Lage der Maxima und Minima berechnen kann. Diese Kurven gestatten aber auch, ein Urteil über den Grad der Inhomogenität der untersuchten Strahlung zu gewinnen. Ist die beobachtete Interferenzkurve einer gedämpften Sinuswelle ähnlich, so liefert, wie früher gezeigt worden ist[3], die ihr entsprechende Resonanzkurve ein angenähertes Bild der Energieverteilung. Man setzt daher für die Strahlungsintensität

---

[1] H. Rubens und H. Hollnagel, a. a. O. S. 27.

[2] Ein Trommelteil der Teilmaschine entspricht einer Verschiebung des Schlittens um 5.23 μ. Die Dicke der Luftplatte wurde zwischen den Grenzen $d = 0$ und $d = 20\,\mu$ nicht mit Hilfe der Trommelablesung, sondern nach einer optischen Methode durch Abzählen von Interferenzstreifen ermittelt, weil die Trommelablesung erst von $d = 20\,\mu$ ab zuverlässige Resultate lieferte (vgl. H. Rubens und R. W. Wood, a. a. O. S. 1126).

[3] H. Rubens und H. Hollnagel, a. a. O. S. 37.

$$\Phi_\lambda = \Phi_1 \frac{1}{1 + \frac{4\pi^2 z^2}{\gamma^2}}, \qquad z = \frac{\lambda_1 - \lambda}{\lambda},$$

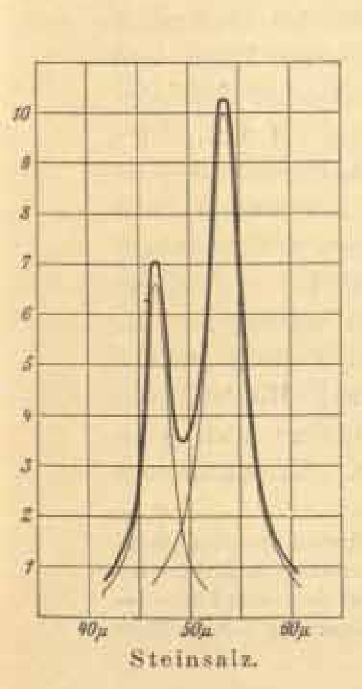
λ_1 ist die Wellenlänge des Maximus der Resonanzkurve, also gleich dem doppelten Abstande zweier benachbarten Maxima oder Minima der Interferenzkurve und γ_1 ist ihr logarithmisches Dekrement.

Es zeigte sich indessen, daß die Interferenzkurven der Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium keineswegs die Form gedämpfter Sinuswellen hatten, sondern es traten darin sehr deutlich ausgesprochene Schwebungen auf. Hieraus mußte geschlossen werden, daß die Reststrahlen dieser Substanzen unter den angewendeten Erzeugungsbedingungen aus zwei benachbarten Spektralgebieten zusammengesetzt sind bzw. daß die entsprechenden Energieverteilungskurven zwei Maxima aufweisen. Auf Grund dieses Tatbestandes wurde versucht, die angenäherte Form der Energiekurven unter der Voraussetzung zu berechnen, daß dieselbe durch Superposition zweier Resonanzkurven der angegebenen Form gebildet seien

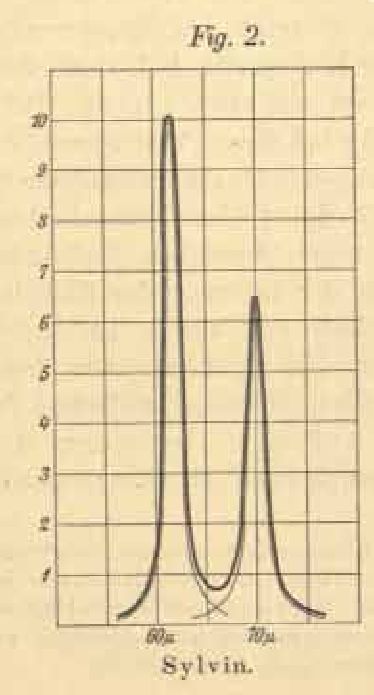
$$\Phi_\lambda = \Phi_1 \frac{1}{1 + \frac{4\pi^2 z_1^2}{\gamma_1^2}} + \Phi_2 \frac{1}{1 + \frac{4\pi^2 z_2^2}{\gamma_2^2}}; \quad z_1 = \frac{\lambda_1 - \lambda}{\lambda}; \quad z_2 = \frac{\lambda_2 - \lambda}{\lambda}.$$

Unter Zugrundelegung gewisser weiterer vereinfachender Annahmen ließen sich die Konstanten λ_1, λ_2, γ_1, γ_2 und $\frac{\Phi_1}{\Phi_2}$ aus dem Verlauf der

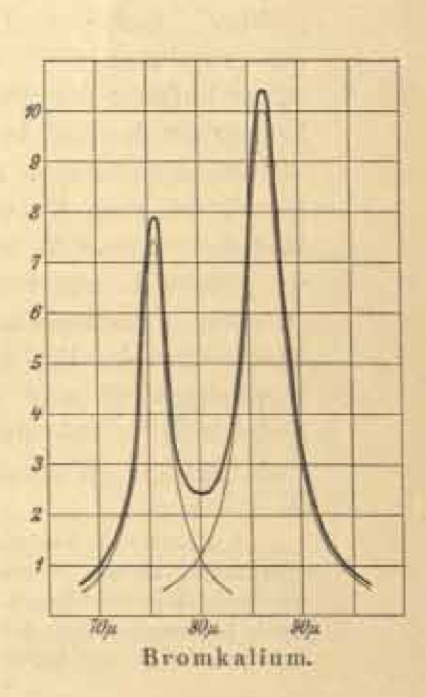
Fig. 2.



Steinsalz.



Sylvin.



Bromkalium.

Interferenzkurven bestimmen. Die so erhaltenen Energiekurven sind für die Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium in Fig. 2 nochmals abgebildet, welche eine Reproduktion der früheren Fig. 8, 9 und 10 ist.

Bei den früheren Versuchen betrug der Luftweg der Strahlen von der Lichtquelle — dem Auerbrenner I — bis zum Mikroradiometer nahezu 2 m. Ganz ähnliche Kurven hat auch Hr. Hollnagel bei Benutzung anderer Lichtquellen und einer veränderten Zahl reflektierender Flächen erhalten. Er fand, daß die Lage der Maxima bei Verwendung verschiedener Strahlungsquellen nur sehr wenig variiert und daß sie bei Vermehrung der Zahl der Reflexionen langsam nach langen Wellen wandert. Ferner beobachtete er, daß die beiden Streifen, aus welchen die Reststrahlen von Steinsalz bestehen, mit wachsender Zahl der Reflexionen immer schmäler und schärfer werden. Wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, ist dieses letztgenannte Ergebnis nicht allein der selektiven Reflexion der Flächen, sondern auch der Verlängerung des feuchten Luftweges zuzuschreiben, welche mit der Vermehrung der Reflexionen verbunden ist.

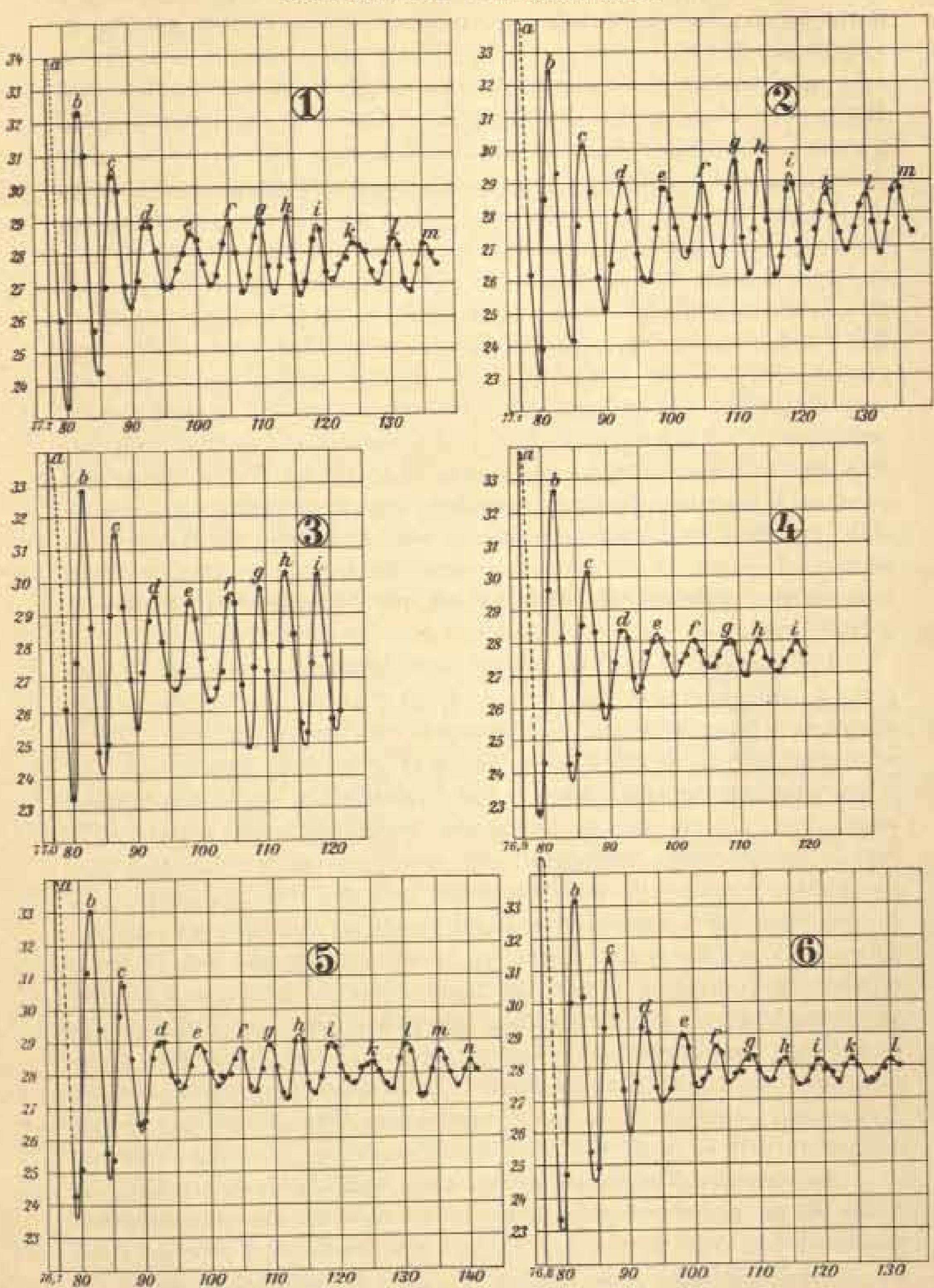
2. Neue Versuche mit Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium.

Mit der neuen Versuchsanordnung, welche in Fig. 1 dargestellt ist, wurden zunächst Messungen mit Reststrahlen von Steinsalz ausgeführt. Kurve **1** (Fig. 3) zeigt das Interferenzbild bei Benutzung des Auerbrenners II als Lichtquelle bei abgenommenem Helm und einem Luftweg der Strahlen von etwa 1.60 m. Der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft betrug bei dieser Versuchsreihe $e = 6.1$ mm. Dies entspricht angenähert unseren früheren Versuchsbedingungen und demgemäß ist auch Kurve **1** den früher beobachteten Interferenzkurven ähnlich[1]. Kurve **2** ist unter denselben Bedingungen aufgenommen wie Kurve **1**, nur wurde der Luftweg der Strahlung bei angenähert gleichem Feuchtigkeitsgehalt von 1.6 m auf 3.0 m verlängert. Zu diesem Zwecke ließ man die Strahlung vor ihrem Eintritt in das Diaphragma B eine größere Strecke zwischen zwei Hohlspiegeln zurücklegen. Bei der Aufnahme der Kurve **3** befand sich eine noch größere Wasserdampfmenge im Strahlengang. Es wurde ein

[1] Kurve 1 ist von den früher aufgenommenen Interferenzkurven insofern etwas verschieden, als sie auf eine merklich geringere Höhe des kurzwelligen Maximums der Energiekurve schließen läßt als jene. Dieser Unterschied wird in erster Linie dadurch verursacht, daß der Auerbrenner II verhältnismäßig reicher an langwelliger Strahlung ist als der früher verwendete Auerbrenner I.

Fig. 3.

Reststrahlen von Steinsalz.



40 cm langes und 10 cm weites mit einer Heizspirale auf 120° erhitztes Messingrohr in den Strahlengang eingeschaltet, in welches durch einen oben angebrachten Rohrstutzen 2 ccm Wasser pro Minute aus einem Tropftrichter eingeträufelt wurden. Der in dem Rohre sehr gleichmäßig entwickelte Wasserdampf absorbierte nahezu die Hälfte der eintretenden Reststrahlen. Kurve **4** ist bei möglichst geringer Wasserdampfmenge im Strahlengange aufgenommen. Der Auerbrenner II wurde möglichst dicht an das Diaphragma B gestellt, der Kasten K durch Aufsetzen des Helmes geschlossen und dann mit trockener Luft gefüllt. Man ließ zu diesem Zwecke die bei R_1 einströmende Luft vorher durch ein Trockengefäß mit Schwefelsäure und durch mehrere hintereinandergeschaltete mit Chlorkalzium gefüllte Röhren hindurchgehen. Dieser Prozeß wurde bei einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 0.6 l pro Minute mindestens 4 Stunden lang fortgesetzt. Der Kasten K faßt etwa 15 l. In seinem Innern befanden sich dauernd noch fünf mit Chlorkalzium gefüllte Schalen. Man durfte hiernach wohl annehmen, daß die im Kasten noch vorhandene Wasserdampfmenge gegenüber derjenigen gering war, welche nicht aus dem Strahlengange entfernt werden konnte, da die Strahlen stets noch etwa 18 cm ungetrockneter Zimmerluft zu durchdringen hatten, von welchen der weitaus größte Teil zwischen A und P_1 gelegen war.

Die Kurven **5** und **6** endlich sind unter den gleichen Bedingungen aufgenommen wie **1** und **4**, nur diente der obenerwähnte schwarze Körper statt des Auerbrenners als Strahlungsquelle. Dieser schwarze Körper bestand aus einem zylindrischen Kupferrohr von 8 cm Durchmesser und etwa 2 cm Wandstärke; die Grundflächen waren mit 2.5 cm dicken kupfernen Verschlußplatten versehen, in welche kreisförmige Öffnungen von etwa 3.5 cm Durchmesser eingeschnitten waren. In der Mitte hatte man bei dem Ausbohren des Rohres eine durch einen Doppelkegel begrenzte Scheidewand von beträchtlicher Stärke stehen lassen, in welche eine große Zahl konzentrischer Rillen eingedreht war. Im Inneren war der Körper mit Kupferoxyd geschwärzt. Die Erwärmung geschah durch eine den Zylinder umgebende Heizspirale, die Temperaturmessung mit Hilfe eines Thermometers oder eines Thermoelements. Meist wurde der Körper bei einer Temperatur von 480° bis 500° verwendet. Die Ausschläge waren dann etwa halb so groß, wie bei Verwendung eines Invertauerbrenners.

Des besseren Vergleichs wegen sind sämtliche Interferenzkurven **1** bis **6** in gleicher Größe gezeichnet, obwohl sie mit ziemlich verschiedenen Ausschlägen (30 bis 90 mm) beobachtet worden sind. Die Verschlußplatten des Kastens P_1 und P_2 schwächen zwar die

Strahlung durch Reflexion und Absorption fast auf ein Drittel, aber die Vermeidung der Wasserdampfabsorption hebt diesen Verlust zum Teil wieder auf.

Die Betrachtung der Kurven läßt folgende Tatsachen erkennen.

1. Die Interferenzkurven erscheinen um so ungedämpfter, d. h. die Höhendifferenz zwischen den Maximis und Minimis nimmt um so langsamer mit wachsender Dicke der Luftschicht ab, je mehr Wasserdampf sich im Strahlengange befindet. Ist der Kasten K mit trockener Luft gefüllt, so sind die Maxima und Minima in der zweiten Hälfte der Interferenzkurve nur noch sehr schwach ausgeprägt und die Schwebung ist kaum noch zu bemerken.

2. Ob ein schwarzer Körper oder ein Auerbrenner als Lichtquelle dient, ist für den Ausfall der Interferenzkurven von geringer Bedeutung Jedoch ergibt sich unter sonst gleichen Bedingungen die »Dämpfung« der Kurve bei Verwendung des Auerbrenners etwas geringer, wie aus einem Vergleich der Kurven **1** und **5** bzw. **4** und **6** hervorgeht. Dieser Befund steht wohl mit der Wasserdampfentwickelung der Bunsenflamme des Auerbrenners im Zusammenhang.

Es ist, wie man sieht, nicht gelungen, durch Trocknen der Luft die Schwebung der Interferenzkurve vollkommen zu beseitigen, denn auch in Kurve **6** ist noch eine Andeutung dieser Schwebung dadurch zu erkennen, daß die Maxima h, i, k und l fast gleich hoch erscheinen. Indessen war ein vollkommenes Verschwinden der Schwebung auch nicht zu erwarten, da auch im Falle der Kurve **6** sich noch immer 18 cm wasserdampfhaltiger Zimmerluft im Strahlengange befanden. Auch wird man nicht annehmen dürfen, daß bei vollkommener Vermeidung der Wasserdampfabsorption die Interferenzkurve genau die Form einer gedämpften Sinuswelle annimmt.

Jedenfalls wird man aus dem vorgelegten Beobachtungsmaterial den Schluß ziehen müssen, daß die beobachtete Zweiteilung der Reststrahlen von Steinsalz auf der Wirkung der Wasserdampfabsorption beruht.

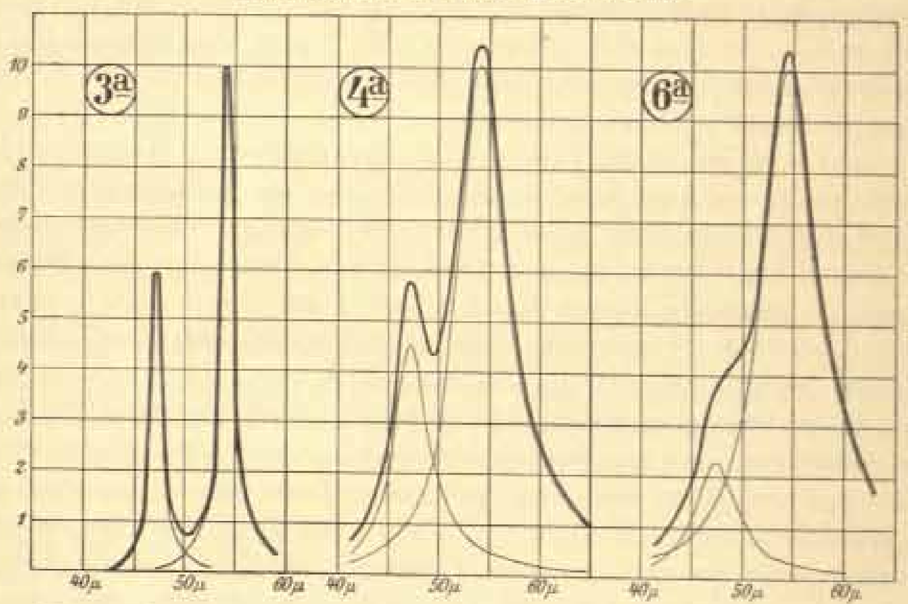
Nach den früher verwendeten, oben kurz angedeuteten Näherungsverfahren[1] wurden die zu den Interferenzkurven **3**, **4** und **6** gehörigen Energieverteilungskurven berechnet. Sie sind in Fig. 4 dargestellt und mit dem Kennzeichen **3a**, **4a** und **6a** versehen. Die gleichen Nummern entsprechen einander. Man sieht deutlich die Wirkung eines bei 50μ gelegenen Absorptionsstreifens, welcher in Kurve **3a** ungemein stark, in **4a** viel schwächer und in **6a** noch eben merklich hervortritt. Bemerkenswert ist ferner die Tatsache, daß die beiden Energiemaxima in allen Kurven an der gleichen Stelle liegen. Die

[1] Vgl. hierzu auch H. Rubens, Verh. d. Dt. Phys. Ges. 13. Jahrg. S. 103, 1911.

Streifen scheinen sich hiernach bei vermindertem Feuchtigkeitsgehalt nach beiden Seiten fast gleichmäßig auszubreiten. Ein Einfluß der Wasserdampfabsorption auf die mittlere Wellenlänge der Reststrahlen läßt sich nicht sicher nachweisen, doch scheint dieselbe mit abnehmendem Dampfgehalt etwas zu wachsen[1].

Fig. 4.

Reststrahlen von Steinsalz.



Die mittleren Wellenlängen λ_0 sowie die Wellenlängen der Maxima λ_1 und λ_2 sind für die Versuchsreihen 1 bis 6 in der folgenden Tabelle I zusammengestellt:

Tabelle I. Reststrahlen von Steinsalz.

Nummer der Versuchsreihe	Lichtquelle	Länge des Luftwegs l und Feuchtigskeitsgehalt e	λ_1	λ_2	λ_0
1	Auerbrenner II	$l = 1.6$ m, ohne Kasten, $e = 6.1$ mm	54.3	47.5	52.0
2	»	$l = 3.0$ m, ohne Kasten, $e = 5.8$ mm	54.2	47.4	52.1
3	»	$l = 3.0$ m, ohne Kasten, Wasserdampfrohr eingeschaltet	53.9	47.2	51.4
4	»	Mit Trockenkasten feuchter Luftweg $l = 0.18$ m	54.0	47.3	52.3
5	Schwarzer Körper	$l = 1.5$ m, ohne Kasten, $e = 5.5$ mm	53.9	47.2	51.7
6	»	Mit Trockenkasten feuchter Luftweg $l = 0.18$ m	54.3	47.5	53.3

[1] Daß sich in den Versuchsreihen 4 und 6 der Wert von λ_0 etwas höher ergibt, wie in den übrigen Reihen, ist sicher zum Teil auf die selektive Absorption der Quarzplatten P_1 und P_2 zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Wellenlängenmessung sind mit unseren früheren Resultaten und mit denen des Hrn. Hollnagel in guter Übereinstimmung.

Die Tatsache, daß bei vermindertem Feuchtigkeitsgehalt der langwellige Streifen sich auch nach Seite der größeren Wellenlängen, der kurzwellige Streifen sich auch nach Seite der kurzen Wellen stark verbreitert, lehrt, daß die Annahme eines einzigen bei 50 μ gelegenen Wasserdampfabsorptionsstreifens zur Erklärung der beobachteten Erscheinung nicht ausreicht; vielmehr muß man aus den vorliegenden Beobachtungen den Schluß ziehen, daß auch oberhalb 54 μ und unterhalb 47 μ sich Gebiete erhöhter Wasserdampfabsorption befinden. Vielleicht wäre es unter diesen Umständen überhaupt richtiger, von Durchlässigkeitsstreifen als von Absorptionsstreifen zu sprechen. 47 und 54 μ würden dann Gebieten relativ hoher Durchlässigkeit des Wasserdampfs entsprechen.

Da durch Vermehrung der im Strahlengange befindlichen Wasserdampfmenge die Energie an keiner Stelle des Spektrums wachsen kann, so müßte, wenn alle anderen Einflüsse eliminiert wären, jede Kurve, welche einem geringeren Dampfgehalte entspricht, die Kurve für höheren Dampfgehalt vollkommen umhüllen. Daß dies in den Kurven der Figur 4 nicht der Fall ist, liegt in erster Linie daran, daß die Kurven in verschiedenem Maßstab gezeichnet sind. Die Größe der Ordinaten ist nämlich in Fig. 4 stets so bemessen, daß die Höhe des stärksten Streifens 10 Einheiten beträgt. Dies hat zur Folge, daß der Maßstab der Kurven mit höherem Dampfgehalt größer ausfallen muß wie bei geringerem; denn auch an den Stellen der Energiemaxima ist noch eine erhebliche Wasserdampfabsorption vorhanden, was daraus hervorgeht, daß eine 40 cm dicke Wasserdampfschicht von Atmosphärendruck die Reststrahlen von Steinsalz fast vollkommen absorbiert. Außerdem ist daran zu erinnern, daß das Verfahren, nach welchem die Energieverteilungskurven berechnet worden sind, nur eine ziemlich rohe Annäherung darstellt.

Es bleibt ferner die Frage zu erörtern, ob durch die beiden Verschlußplatten P_1 und P_2 des Kastens, welche zusammen eine Quarzschicht von der Dicke 1.5 mm ausmachen, eine wesentliche Änderung der Interferenzkurven herbeigeführt wird. Eine derartige Quarzschicht schwächt die Reststrahlen von Steinsalz durch Absorption angenähert auf die Hälfte und die Schwächung ist für den kurzwelligeren Teil der Strahlung größer als für den langwelligeren. Daß indessen der Einfluß dieser Quarzabsorption gegenüber der Wasserdampfabsorption sehr zurücktritt, folgt aus der Tatsache, daß die Form der Interferenzkurve 1 durch Einschalten einer 3 mm dicken Quarzplatte in den Strahlengang nur sehr wenig geändert wurde. Auf die Wiedergabe der betreffenden Interferenzkurve ist aus diesem Grunde verzichtet worden.

Die Versuche mit Reststrahlen von Sylvin wurden in der gleichen Weise angestellt wie die im vorstehenden beschriebenen Messungen, welche sich auf die Reststrahlen von Steinsalz beziehen. Die entsprechenden Interferenzkurven 7, 8 und 9 sind in Fig. 5 dargestellt. Kurve 7 ist unserer früheren Arbeit entnommen. Ein Auerbrenner (Nr. I) diente als Lichtquelle und der Luftweg der Strahlung betrug angenähert 2 m. Kurve 8 dagegen ist bei Anwendung der gleichen Strahlungsquelle mit der neuen Anordnung beobachtet, während sich im Kasten K trockene Luft befand. Kurve 9 endlich ist unter sonst gleichen Bedingungen wie Kurve 8, aber mit dem schwarzen Körper als Strahlungsquelle aufgenommen. Während der Unterschied der Dämpfung in den Kurven 7 und 8 sehr stark in die Augen fällt, zeigen 8 und 9 nur geringe Verschiedenheit, und zwar in dem Sinne, daß die Dämpfung bei Anwendung des schwarzen Körpers wiederum etwas größer erscheint als bei Benutzung des Auerbrenners. Eine vollkommene Beseitigung der Schwebung bzw. der Zweiteilung der Reststrahlen durch Verminderung der im Strahlengange befindlichen Wasserdampfmenge ist hier noch weniger möglich gewesen wie bei den Versuchen mit Reststrahlen von Steinsalz. Dies war vorauszusehen, weil die Reststrahlen von Sylvin durch den Wasserdampf in noch höherem Maße absorbiert werden als diejenigen von Steinsalz. Die im Strahlengange befindliche wasserdampfhaltige Luftstrecke von 18 cm Länge wird sich also hier noch stärker bemerkbar machen müssen. Da bei unseren früheren Versuchen mit Reststrahlen von Sylvin, welchen die Versuchsreihe 7 entnommen ist, das Thermoelement des Mikroradiometers mit Ruß geschwärzt war, während das hier verwendete mit Natronwasserglas geschwärzt ist, so wurde, um festzustellen, ob das Schwärzungsmittel einen in Betracht kommenden Einfluß auf die beobachtete Energieverteilung der Reststrahlen ausübt, die Versuchsreihe 7 unter möglichst gleichen Bedingungen mit dem neuen Mikroradiometer wiederholt. Die Ausschläge ergaben sich infolge der viel wirksameren Schwärzung des neuen Instruments etwa dreimal so groß wie früher. Aber die neu aufgenommene Interferenzkurve war von der früher erhaltenen in Beziehung auf ihre Form und insbesondere bezüglich der Größe der Dämpfung nur so wenig verschieden, daß auf eine Abbildung der neuen Kurve verzichtet werden konnte[1]. Über die Ergebnisse der Wellenlängenmessung gibt die folgende Tabelle Aufschluß:

---

[1] Auch die Zuschaltung einer 3 mm dicken senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzplatte in den Strahlengang änderte an der Form der beobachteten Interferenzkurve 7 nur wenig. Die mittlere Wellenlänge λ_m ergab sich unter diesen Bedingungen zu 64.3μ.

Fig. 5.

Reststrahlen von Sylvin.

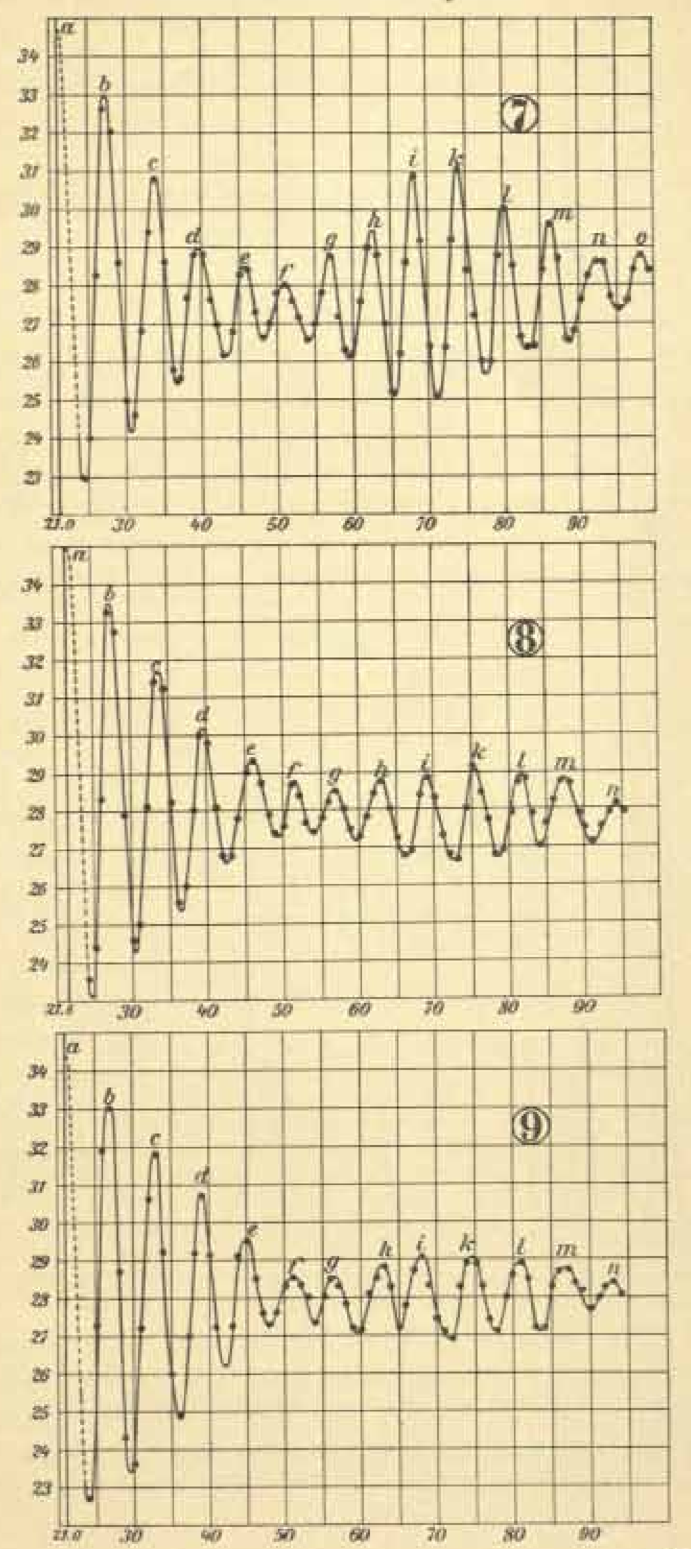


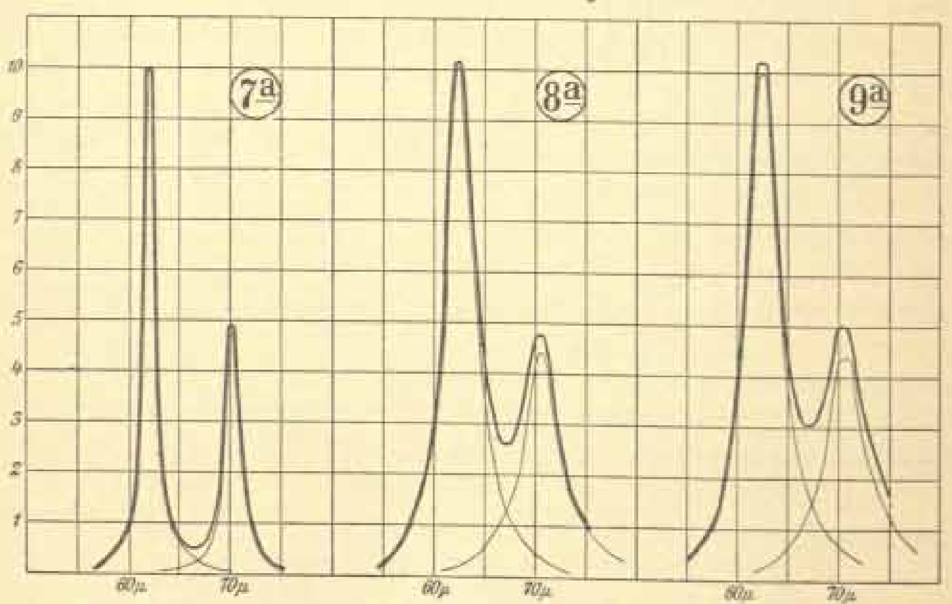
Tabelle II. Reststrahlen von Sylvin.

Nummer der Versuchsreihe	Lichtquelle	Länge des feuchten Luftwegs l und Feuchtigkeitsgehalt e	λ_1	λ_2	λ_0
7	Auerbrenner I	$l = 2.0$ m; ohne Kasten	62.0	70.3	63.4
8	»	Mit Trockenkasten $l = 0.18$ m; $e = 5.6$ mm	62.3	70.6	64.4
9	Schwarzer Körper	Mit Trockenkasten $l = 0.18$ m; $e = 5.0$ mm	62.4	70.7	64.8

Auch hier wird, wie man sieht, die mittlere Wellenlänge λ_0 der Reststrahlen und die Lage der beiden Maxima durch Verminderung der im Strahlengange befindlichen Wasserdampfmenge nur wenig geändert.

In Fig. 6 sind die den Interferenzkurven 7, 8 und 9 entsprechenden Energiekurven dargestellt, wie sie sich nach unserem Näherungsverfahren berechnen lassen. Die Lage des Absorptionsstreifens, welcher die Zweiteilung der Reststrahlen von Sylvin bewirkt, ergibt sich zu 66μ.

Fig. 6.
Reststrahlen von Sylvin.



Aber auch hier scheint dieser Streifen nicht der einzige zu sein, welcher die Energieverteilung der Reststrahlen beeinflußt. Es ist höchst wahrscheinlich, daß auch bei den Reststrahlen von Sylvin eine doppelseitige Verbreiterung beider Erhebungen der Energiekurve mit abnehmendem Wasserdampfgehalt eintritt. Dies würde u. a. auf das Vor-

handensein eines weiteren Gebietes intensiverer Absorption bei $\lambda = 56$ bis 60μ hinweisen. Die Annahme eines in diesem Spektralgebiet gelegenen Absorptionsbande würde zugleich die Tatsache erklären, daß auch der langwellige Streifen der Reststrahlen von Steinsalz sich mit abnehmendem Dampfgehalt nach Seite der längeren Wellen ausbreitet.

Die in dem Vorstehenden beschriebenen Messungen mit Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin boten wegen der beträchtlichen Energie dieser Strahlen nur geringe Schwierigkeit. Weit mühevoller gestaltete sich das Arbeiten mit den viel weniger intensiven Reststrahlen von Bromkalium und Bleichlorid. Bei der Aufnahme der betreffenden Interferenzkurven betrugen die beobachteten Ausschläge nur 8 bis 25 mm und in einigen Fällen konnte nur durch beträchtliches Häufen der Beobachtungen genügende Genauigkeit erzielt werden, um aus dem Verlauf der Interferenzkurven sichere Schlüsse auf die Wirkung der Wasserdampfabsorption ziehen zu können.

Die Ergebnisse der Interferometermessungen mit Reststrahlen von Bromkalium sind in den Kurven **10**, **11** und **12** der Figur 7 niedergelegt.

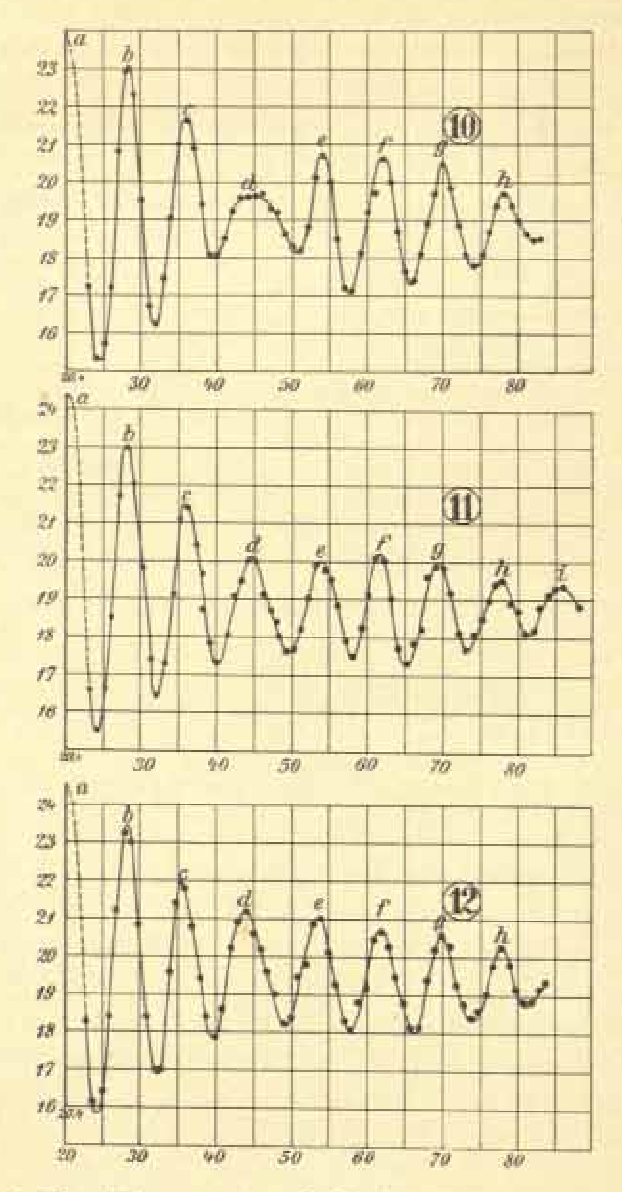
10 und **11** sind mit dem Auerbrenner, **12** mit dem schwarzen Körper als Strahlungsquelle beobachtet. Bei Versuchsreihe **10** befanden sich 2.40 m Luft mit einem absoluten Feuchtigkeitsgehalt von $e = 5.3$ mm im Strahlengang; **11** und **12** sind mit aufgesetztem Helm und trockener Luft im Inneren des Kastens aufgenommen. In Kurve **10** ist die Schwebung sehr deutlich, in Kurve **11** und **12** dagegen nur schwach bemerkbar. Auch ist die Dämpfung in Kurve **10**, welche mit relativ großer Wasserdampfmenge im Strahlengange aufgenommen ist, wieder merklich kleiner als in den Kurven **11** und **12**, bei welchen sich nur 18 cm wasserdampfhaltige Zimmerluft im Strahlengange befanden. Dieser Unterschied ist jedoch viel geringer wie in den vorher untersuchten Fällen der Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin.

Die Werte, welche sich für die Wellenlängen der beiden Maxima (λ_1 und λ_2) sowie für die mittlere Wellenlänge λ_0 der Reststrahlen aus den Versuchsreihen **10**, **11** und **12** ergeben, sind in Tabelle III zusammengestellt.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen unserer früheren Messung, welche mit etwa dreimal kleineren Ausschlägen ausgeführt worden ist, zeigt, insbesondere in Beziehung auf die Wellenlänge des höheren Maximums λ_1, welche bei weitem am genauesten gemessen werden kann, befriedigende Übereinstimmung. Es hatten sich früher die folgenden Zahlenwerte ergeben: $\lambda_1 = 86.5\,\mu$, $\lambda_2 = 75.6\,\mu$ und $\lambda_0 = 82.3\,\mu$. Nur in bezug auf λ_2 zeigt sich gegenüber den Zahlen der Versuchsreihe **10**, welche nahezu unter denselben Bedingungen beobachtet

Fig. 7.

Reststrahlen von Bromkalium.



worden ist wie die früheren, ein erheblicher Unterschied, welcher daher rührt, daß nach den neuen Versuchen die Maxima a und g der Interferenzkurven als »korrespondierende« Maxima aufgefaßt werden müssen, während dies früher für die Maxima a und h der Fall zu sein schien.

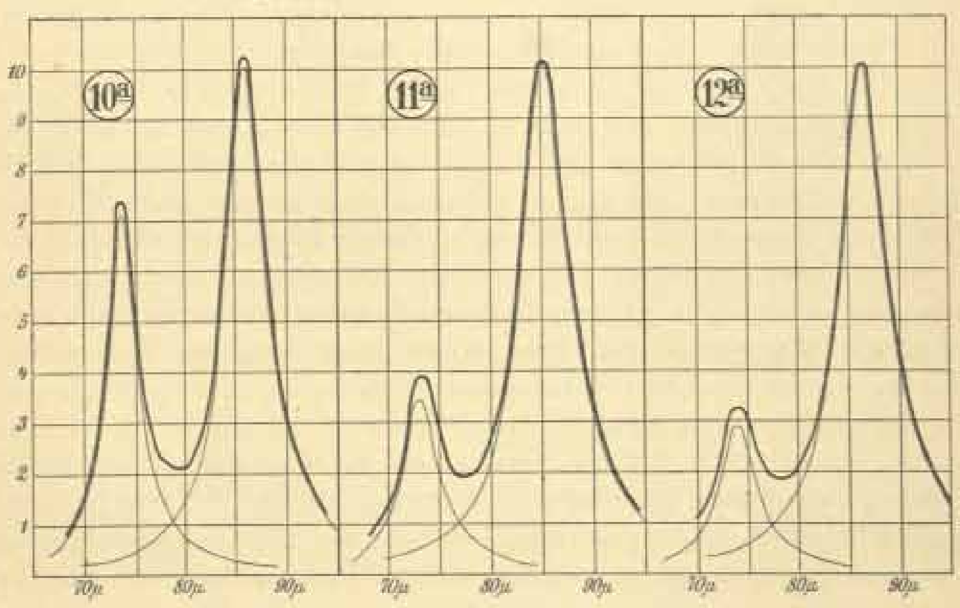
Den Interferenzkurven **10**, **11** und **12** der Figur 7 entsprechen die Energiekurven **10a**, **11a** und **12a** der Figur 8. In Kurve **10a**, bei welcher die im Strahlengang befindliche Wasserdampfmenge am größten ist, tritt das bei 79μ gelegene Minimum am stärksten her-

Tabelle III. Reststrahlen von Bromkalium.

Nummer der Versuchsreihe	Lichtquelle	Länge des feuchten Luftwegs l und Feuchtigkeitsgehalt e	λ_1	λ_2	λ_0
10	Auerbrenner I	$l = 2.4$ m; $e = 5.3$ mm ohne Kasten	86.8 μ	74.6 μ	82.6 μ
11	"	Mit Trockenkasten $l = 0.18$ m; $e = 4.6$ mm	85.7	73.5	83.3
12	Schwarzer Körper	Mit Trockenkasten $l = 0.18$ m; $e = 4.6$ mm	86.4	74.2	83.9

vor. Sehr auffällig ist die verhältnismäßig große Höhe des kurzwelligen Maximums in dieser Kurve. Um festzustellen, wie weit die selektive Absorption der Verschlußplatten P_1 und P_2 von Einfluß ist, wurde die Versuchsreihe **10** bei Einschaltung einer 2 mm dicken Quarzplatte in den Strahlengang wiederholt. In der Tat ergab sich jetzt das bei 74.6 μ gelegene Maximum im Verhältnis zu dem Hauptmaximum bei 86.8 μ um etwa 12 Prozent niedriger als in Kurve **10a**. Indessen blieb der Unterschied gegenüber den mit trockener Luft angestellten Versuchsreihen **11** und **12** doch noch so beträchtlich, daß man auch bei den Reststrahlen des Bromkaliums die Absorption des Wasserdampfs als die wesentliche Ursache der beobachteten Zweiteilung ansehen muß. Es soll indessen keineswegs behauptet werden, daß die selektive Absorption des Quarzes auf die Energieverteilung der Rest-

Fig. 8.
Reststrahlen von Bromkalium.



strahlen an dieser Stelle des Spektrums ohne erheblichen Einfluß ist. Im Gegenteil weisen die am Schluß dieser Arbeit mitgeteilten Ergebnisse von Absorptionsmessungen an Quarzplatten verschiedener optischer Orientierung darauf hin, daß gerade in diesem Spektralgebiet die Absorption in senkrecht zur Achse geschnittenen Platten einen selektiveren Charakter besitzt wie an anderen Stellen des Spektrums.

Aus den vorstehenden Beobachtungen mit Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium geht also hervor, daß der Wasserdampf bei den Wellenlängen 50μ, 66μ und 79μ und vermutlich auch in der Nähe von 58μ Absorptionsmaxima besitzt.

3. Versuche mit neuen Reststrahlengruppen.

Diese Ergebnisse werden durch die Resultate weiterer Messungen gestützt, welche ich in Gemeinschaft mit Hrn. Prof. v. Wartenberg an einer Reihe neuer Reststrahlengruppen vorgenommen habe. Es handelt sich um die Reststrahlen von Chlorsilber, Bromsilber, Kalomel und Bleichlorid. Bei der interferometrischen Aufnahme dieser Reststrahlen hatte sich nämlich die Tatsache ergeben, daß auch hier — besonders deutlich in den Fällen von Chlorsilber und Bleichlorid — die Energiekurven der isolierten Strahlung gewisse Minima aufwiesen, und daß diese Minima gerade an solchen Stellen des Spektrums gelegen waren, an welchen man nach den im vorstehenden beschriebenen Versuchen das Vorhandensein von Absorptionsstreifen des Wasserdampfs anzunehmen hatte.

Über die Methoden zur Herstellung brauchbarer Reststrahlenplatten aus den genannten Substanzen soll an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden. Hier genügt es, folgendes zu erwähnen:

Die Spiegel aus Chlorsilber und Bromsilber wurden in versilberten Messinggefäßen gegossen. Da sie sich beim Erstarren stark deformierten, wurden sie abermals auf 200° erwärmt und dann zwischen Silberfolie eben gepreßt. Nach dem Erkalten konnten sie leicht auf der Drehbank genau eben gedreht und poliert werden. Die Bleichloridplatten wurden aus feinem Pulver bei 300 Atmosphären Druck zwischen ebenen Stahlstempeln gepreßt und keiner weiteren Bearbeitung unterworfen. Man erhielt auf diese Weise plane Scheiben von weißer Farbe, welche das Licht vollkommen diffus reflektierten und mit den in der Photometrie gebräuchlichen Gipsschirmen große Ähnlichkeit hatten. Diese diffuse Reflexion, welche sich auch auf die kurzwelligeren Gebiete des ultraroten Spektrums erstreckt, ist für den vorliegenden Zweck insofern von erheblichem Vorteil, als die Aussonderung der streng geometrisch reflektierten langwelligen Reststrahlen hierdurch sehr

unterstützt wird, so daß man nach vier Reflexionen bereits vollkommen reine Reststrahlen erhält[1]. Diese einfache Methode zur Herstellung brauchbarer Reststrahlenplatten aus feinem Pulver läßt sich auf viele Substanzen anwenden. Die größte Schwierigkeit bot die Herstellung guter Kalomelspiegel. Durch Sublimation wurde auf einer ebenen Glasplatte eine Schicht dieser Substanz von genügender Dicke niedergeschlagen und diese darauf von der Glasplatte abgesprengt. Man erhielt so nahezu ebene Flächen, welche keiner Nacharbeit auf der Drehbank bedurften. Im Gegensatz zu Chlorsilber und Bromsilber ist Kalomel bekanntlich nicht regulär, sondern quadratisch. Beim Sublimieren erhält man auf der Glasplatte nadelförmige Kristalle, welche auf der Plattenoberfläche nahezu senkrecht stehen. Die beobachteten Reststrahlen gelten also vorwiegend für den ordentlichen Strahl.

Von den neu untersuchten Reststrahlen waren diejenigen des Bleichlorids am intensivsten und am wenigsten homogen. Diese größere spektrale Breite kann sowohl durch den komplizierteren Bau des $PbCl_2$-Moleküls, als auch durch die kompliziertere Kristallstruktur[2] dieses Materials verursacht sein. Da die einzelnen Pulverkörnchen in den Oberflächen der reflektierenden Platten nach allen möglichen Richtungen orientiert sind, so lassen sich auch die beobachteten Reststrahlen keiner kristallographisch wohl definierten Schnittebene zuordnen, sondern sie ergeben ein Reststrahlengemisch, welches allen möglichen Schnittebenen entspricht und aus diesem Grunde wahrscheinlich weniger homogen ist, als es die mit Kristallplatten von gleicher Orientierung erzeugten Reststrahlen sein würden. Für die Untersuchung der Wasserdampfabsorption erwies sich diese erhebliche Inhomogenität der Reststrahlen von Bleichlorid als ein besonderer Vorteil. Es wurden deshalb die meisten Versuche mit dieser Substanz angestellt.

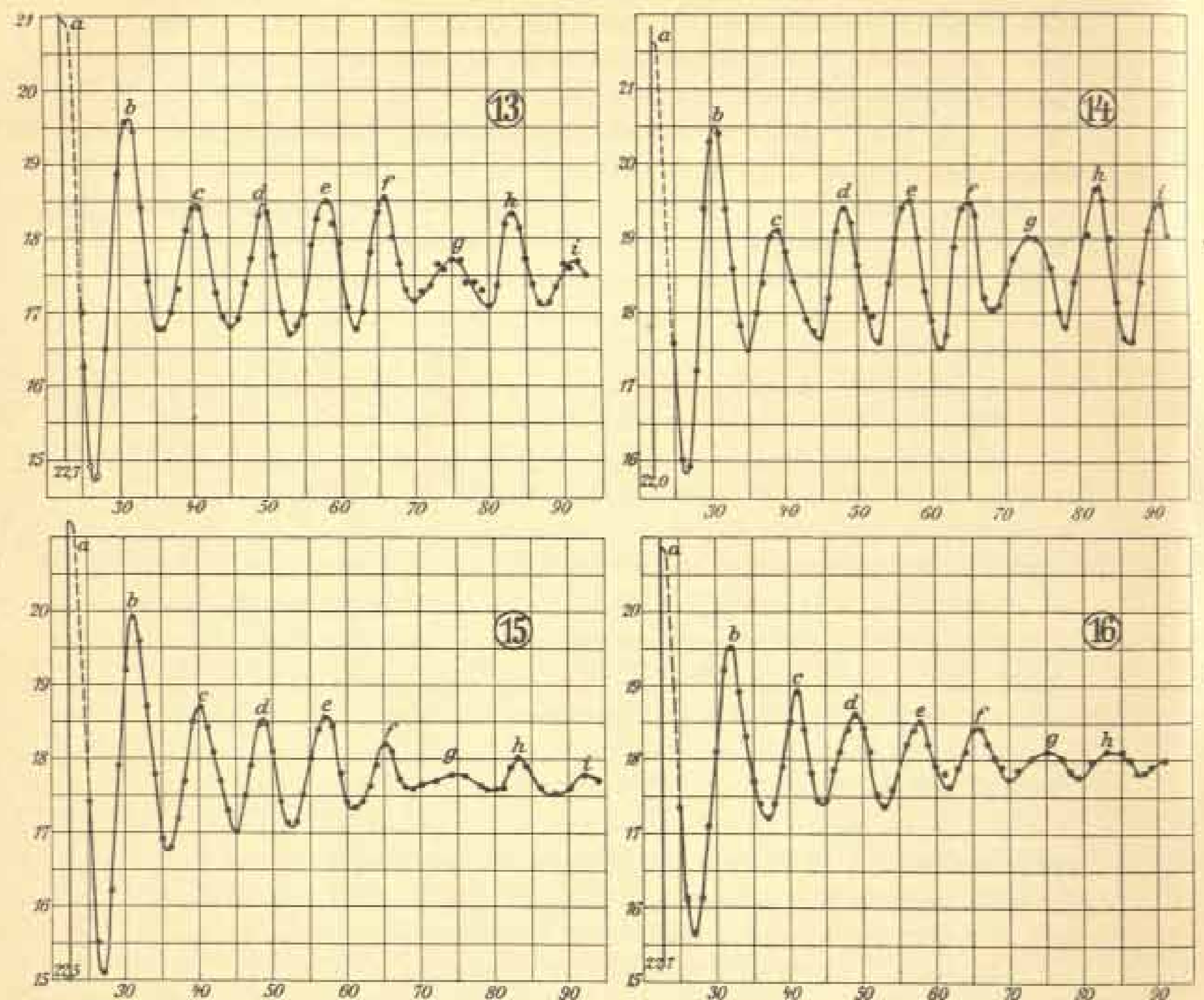
Die aufgenommenen Interferenzkurven, welche sich auf die Reststrahlen von Bleichlorid beziehen, sind in Fig. 9 zur Anschauung gebracht. Die Reihen **13** und **14** sind mit dem Auerbrenner II als Lichtquelle beobachtet, und zwar **13** bei 1.5 m und **14** bei 3.0 m feuchter Zimmerluft im Strahlengang. Bei den Reihen **15** und **16** wurde der Helm des Trockenkastens aufgesetzt und der Kasten mit trockener Luft gefüllt. Reihe **15** ist wiederum mit dem Auerbrenner II aufgenommen, dagegen diente der schwarze Körper bei Reihe **16** als Strahlungsquelle. Da kein Hohlspiegel aus Bleichlorid zur Verfügung stand, mußte die reflektierende Fläche f_4 durch einen vorderseitig

[1] Auf die Vorteile diffus reflektierender Flächen bei Reststrahlenversuchen hat Lord RAYLEIGH zuerst hingewiesen (Weekly Evening Meeting of the Royal Institution, 29th March, 1901).

[2] $PbCl_2$ ist rhombisch.

Fig. 9.

Reststrahlen von Bleichlorid.



versilberten Glashohlspiegel ersetzt werden und man war gezwungen, eine der vier Reflexionen an Bleichloridflächen außerhalb des Kastens stattfinden zu lassen. Es konnte aus diesem Grunde bei Versuchsreihe **15** die in den Strahlengang eingeschaltete feuchte Luftstrecke nicht unter 26 cm verringert werden. Bei Versuchsreihe **16** wurde auf die vierte Reflexion außerhalb des Kastens verzichtet und der schwarze Körper unmittelbar vor die Öffnung des Diaphragmas *B* gestellt. Die Reststrahlen waren unter diesen Bedingungen zwar nicht mehr völlig rein, aber die etwa 5 Prozent betragende Beimischung kurzwelliger Strahlen machte sich bei der Aufnahme der Interferenzkurve nicht störend bemerkbar.

Die Interferenzkurven **13** und **14**, welche mit größeren Wasserdampfmengen im Strahlengang aufgenommen sind, zeigen einen sehr

merkwürdigen Verlauf. Im ersten Teil sind die Kurven stark gedämpft. Die Maxima nehmen in der Reihenfolge a, b, c rasch an Höhe ab; d, e, f sind dann wiederum größer; es folgt eine sehr niedrige Erhebung g, darauf ein hohes Maximum h und dann wiederum ein niedrigeres i. Erhöhung des Wasserdampfgehalts läßt insbesondere die Maxima f, g, h, i stärker hervortreten, während c keine Erhöhung erfährt. Bei vermindertem Dampfgehalt wird die Kurve in ihrem zweiten Teil außerordentlich flach, und die Maxima g, h und i sind kaum noch zu erkennen (Kurve **15**). Noch weitere Verkürzung des feuchten Luftwegs und Verwendung des schwarzen Körpers ergeben eine Interferenzkurve, in welcher die genannten charakteristischen Eigentümlichkeiten kaum noch zu erkennen sind und welche sich bis zu einem gewissen Grade der Form einer gedämpften Sinuswelle nähert (Kurve **16**). Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, daß jene Eigentümlichkeiten der Kurven **13** und **14** durch die Absorption des Wasserdampfs hervorgerufen werden. Die Einschaltung einer 3 mm dicken Quarzplatte in den Strahlengang hatte auf die Form der Interferenzkurve, insbesondere auf die Gruppe f, g, h, i, nur geringen Einfluß.

Bei Benutzung unseres einfachen Näherungsverfahrens ist es nicht möglich, eine zu den Kurven **13** und **14** passende Energieverteilung aufzufinden, wenn man, wie bei den Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium, nur zwei Maxima der Energiekurve annimmt, oder, was dasselbe bedeutet, wenn man die Energiekurve durch Superposition zweier Resonanzkurven darstellen will. Dagegen läßt sich durch Superposition dreier Resonanzkurven eine Energiekurve konstruieren, welche den beobachteten Eigentümlichkeiten der Interferenzbilder in den wesentlichsten Punkten Rechnung trägt. Die Wellenlängen dieser drei Maxima sind $74\,\mu$, $92\,\mu$ und $114\,\mu$. Die bei $74\,\mu$ und $92\,\mu$ gelegenen Erhebungen werden vermutlich durch denselben Absorptionsstreifen des Wasserdampfs getrennt, welcher die Zweiteilung der Reststrahlen von Bromkalium bewirkt. Die Einsenkung zwischen dem zweiten und dritten Maximum läßt das Vorhandensein eines weiteren Gebietes erhöhter Wasserdampfabsorption vermuten, dessen Mitte etwa bei $\lambda = 103\,\mu$ gelegen ist. Zugunsten dieser letzten Annahme spricht die Tatsache, daß die langwelligen Reststrahlen des Kalkspat zwei Maxima besitzen, von welchen das kurzwellige bei $93.0\,\mu$, das langwellige bei $116.1\,\mu$ gelegen ist[1]. Diese beiden Streifen sind also auch durch eine Einsenkung voneinander getrennt, welche angenähert an derselben Stelle des Spektrums liegt wie die hier angenommenen Absorptionsbande des Wasserdampfs.

---

[1] H. RUBENS, Verh. d. Dt. Phys. Ges. 13, S. 102. 1911.

Mit Reststrahlen von Bleichlorid wurden im ganzen acht Reihen beobachtet. Berechnet man die mittlere Wellenlänge der Strahlung lediglich aus der Lage der ersten beiden Maxima a und b sowie des ersten Minimums a', so ergab sich der Wert $\lambda_0 = 91.2\,\mu$. Zu demselben Wert ($\lambda_0 = 91.3\,\mu$) gelangt man, wenn man in Kurve **16** die Lage der ersten fünf Maxima a bis e und der ersten fünf Minima a' bis e' gleichmäßig zur Berechnung der Wellenlänge heranzieht. Aus Kurve **15** berechnet sich in gleicher Weise der Wert $\lambda_0 = 90.7\,\mu$. Der Wert $\lambda_0 = 91.0\,\mu$ wird also der mittleren Wellenlänge der Reststrahlen von Bleichlorid unter den genannten Erzeugungsbedingungen ziemlich genau entsprechen.

Bei der Erzeugung der Reststrahlen von Chlorsilber, Bromsilber und Kalomel verursachte zu Anfang der Umstand erhebliche Schwierigkeit, daß diese Substanzen im sichtbaren und kurzwelligen ultraroten Spektrum sehr hohe Brechungsexponenten besitzen[1] und aus diesem Grunde die gewöhnliche kurzwellige Wärmestrahlung außerordentlich stark reflektieren. Nach vier Reflexionen sind daher die Reststrahlen trotz Anwendung eines Steinsalzschirmes[2] noch so unrein, daß bei Chlorsilber fast die Hälfte, bei Kalomel und Bromsilber mehr als zwei Drittel der isolierten Strahlung aus kurzwelliger Verunreinigung bestehen. Nun ist zwar die verunreinigende Strahlung wegen ihrer Inhomogenität und geringer Wellenlänge auf die Form der Interferenzkurve ohne direkten Einfluß, aber sie erweist sich, wenn in erheblichem Betrag vorhanden, trotzdem als sehr störend, weil ihre Intensität bei geringen Veränderungen der Temperatur der Strahlungsquelle viel größeren Schwankungen unterworfen ist als diejenige der langwelligen Reststrahlen. Auch läßt sich eine Ausschlagsänderung von gegebener Größe bei kleinen Ausschlägen viel sicherer messen wie bei großen. Als das einfachste Mittel, die Reststrahlen der genannten Substanzen von der kurzwelligen Verunreinigung völlig zu befreien, erwies sich ihre Filtration durch ein Blatt von schwarzem Seidenpapier. Die hier verwendete Papiersorte war dieselbe, welche ich früher in Gemeinschaft mit Hrn. Wood auf ihre Durchlässigkeit im Spektrum geprüft habe[3]. Wegen der im Strahlengange befindlichen Quarzschicht kam für die verunreinigende Strahlung im wesentlichen nur das Wellenlängenbereich unterhalb $5\,\mu$ in Frage, für welche diese Papiersorte fast vollkommen undurchlässig ist, während 55 Pro-

---

[1] Für die Natriumlinie ist der Brechungsexponent des Chlorsilbers $n = 2.071$, derjenige des Bromsilbers $n = 2.35$. Die entsprechenden Brechungsexponenten des Kalomel sind $n_o = 1.96$, $n_e = 2.06$.

[2] Vgl. H. Rubens, Berichte der Phys. Ges., Nov. 1896.

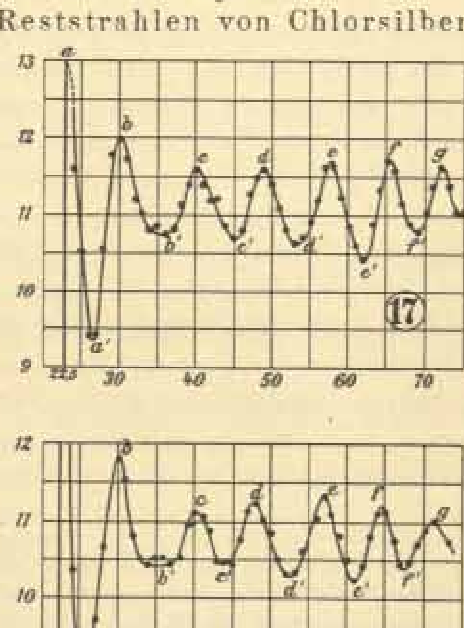
[3] H. Rubens und R. W. Wood, a. a. O. S. 113.

zent der Reststrahlen von Chlorsilber, 63 Prozent der Reststrahlen von Kalomel und 71 Prozent der Reststrahlen von Bromsilber hindurchgehen. Die durch die Filtration eintretenden Energieverluste sind also gerade bei den langwelligen Reststrahlen nicht sehr groß.

Die Untersuchung dieser drei Reststrahlenarten konnte, ihrer geringen Intensität wegen, nicht bei Einschaltung des Trockenkastens vorgenommen werden. Es wurde jedoch festgestellt, daß ein in den Strahlengang eingeschalteter 40 cm langer, auf 150° erhitzter Messingzylinder mit offenen Enden, in welchen durch ein seitliches Ansatzrohr fortgesetzt ein kräftiger Wasserdampfstrahl von 100° und Atmosphärendruck aus einem kleinen Dampfkessel eingeblasen wurde, sowohl die Reststrahlen von Bleichlorid, als auch diejenigen von Chlorsilber, Bromsilber und Kalomel sehr stark absorbierte und keinesfalls mehr als 10 Prozent dieser Strahlen hindurchließ. Da die hindurchgehende Intensität aber wesentlich von der Stärke des zugeführten Wasserdampfstromes abhing, so soll auf eine quantitative Angabe der Absorption hier verzichtet werden.

In der Fig. 10 sind zwei mit Reststrahlen von Chlorsilber beobachtete Interferenzkurven wiedergegeben. In beiden Versuchsreihen wurden vier reflektierende Flächen benutzt, der Auerbrenner II diente als Strahlungsquelle und der Luftweg der Strahlen betrug 1.5 m. Für

Fig. 10.
Reststrahlen von Chlorsilber.



die mittlere Wellenlänge λ_0 der Strahlung, berechnet aus der Lage der beiden ersten Maxima a und b und des ersten Minimums a' erhält man $81.6\ \mu$ aus Kurve **17** und $81.1\ \mu$ aus Kurve **18**. Zwei weitere Reihen ergaben $80.0\ \mu$ und $83.5\ \mu$, so daß der Mittelwert $\lambda_0 = \mathbf{81.5}\ \mu$ beträgt.

Die Interferenzkurve zeigt eine sehr deutlich ausgesprochene Schwebung, welche durch zwei Maxima der Energieverteilungskurve bei $\lambda_1 = 90.3\ \mu$ und $\lambda_2 = 74.0\ \mu$ angenähert erklärt werden kann, von welchen das erstere das stärkere ist[1]. Diese Darstellung hat zur Voraussetzung, daß das Maximum a und das Minimum e' der Interferenzkurven einander entsprechen. Von der Konstruktion der Energieverteilungskurve ist hier Abstand genommen worden. Indessen läßt sich auch ohne Zeichnung erkennen, daß die beiden Maxima der Energiekurve durch eine Einsenkung voneinander getrennt sein müssen, welche ziemlich genau an derselben Stelle des Spektrums liegt, wie das in der Energieverteilungskurve der Reststrahlen von Bromkalium beobachtete Minimum. Diese Tatsache liefert eine weitere Stütze für die Annahme, daß sich an dieser Stelle ein Absorptionsstreifen des Wasserdampfs befindet.

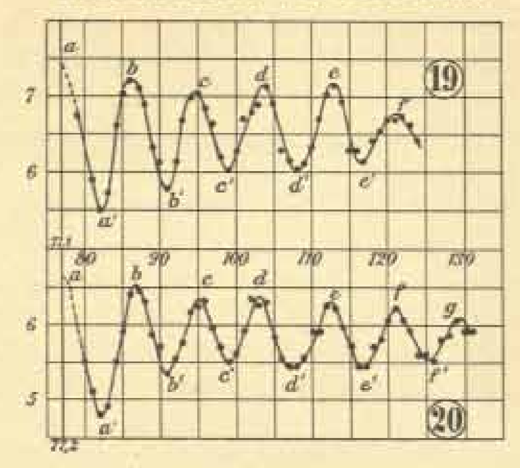
Die Reststrahlen von Chlorsilber besitzen fast dieselbe mittlere Wellenlänge wie diejenigen des Bromkaliums, aber sie sind weniger homogen als diese. Es geht dies besonders aus der stärkeren Dämpfung der Interferenzkurven in ihrem ersten Teile hervor.

Mit Reststrahlen von Kalomel wurden vier Versuchsreihen beobachtet, von welchen zwei in Fig. 11 abgebildet sind. Die Lichtquelle, die Länge des Luftweges der Strahlen und die Zahl der Reflexionen war dieselbe wie bei den Versuchen mit Reststrahlen von Chlorsilber. Die mittlere Wellenlänge λ_0, aus a, b und a' berechnet, ergab sich nach Reihe **19** zu 98.7μ, nach Reihe **20** zu 99.9μ. Die beiden übrigen Reihen lieferten $\lambda_0 = 98.2\mu$ und $\lambda_0 = 98.5\mu$, so daß hiernach die mittlere Wellenlänge dieser Reststrahlen $\mathbf{98.8}\mu$ beträgt. Berücksichtigt man dagegen die ersten 5 Maxima und Minima der Interferenzkurven **19** und **20** ganz gleichmäßig bei der Berechnung der mittleren Wellenlänge dieser Reststrahlen, so erhält man für λ_0 erheblich kleinere Werte, nämlich 94.4μ aus Reihe **19** und 93.1μ, aus Reihe **20**. Hieraus geht hervor, daß die Intensitätsverteilung der Reststrahlen von Kalomel entweder stark unsymmetrisch ist, und zwar

[1] Diesem Befunde scheint die Tatsache zu widersprechen, daß die mittlere Wellenlänge $\lambda_0 = 81.5\ \mu$ dem kurzwelligen Maximum näher liegt als dem langwelligen. Indessen verschwindet dieser Widerspruch, wenn man annimmt, daß die kurzwellige Erhebung zwar mehr Strahlungsenergie enthält, aber wesentlich inhomogener ist als die langwellige. Der Einfluß des ersten Maximums kann sich dann trotz seiner größeren Energie infolge der stärkeren Dämpfung im weiteren Verlaufe der Interferenzkurve weniger bemerkbar machen als derjenige des zweiten.

Fig. 11.

Reststrahlen von Kalomel.



in dem Sinne, daß der Schwerpunkt der Strahlung bei einer größeren Wellenlänge liegt als das Maximum, oder daß auch hier zwei Maxima vorhanden sind, von welchen das langwelligere das schwächere ist. In der Tat zeigen die Interferenzkurven die Andeutung einer Schwebung, welche in diesem Sinne gedeutet werden kann, denn in allen Interferenzkurven ist das Maximum *e* schwächer ausgeprägt als das Maximum *d* und das Minimum *e'* tritt weniger deutlich hervor als das Minimum *d'*. Betrachtet man dementsprechend *a* und *e'* als korrespondierende Punkte, so würde sich die Wellenlänge des stärkeren kurzwelligeren Streifens zu $\lambda_1 = 91.6\mu$, diejenige des schwächeren langwelligeren Streifens zu $\lambda_2 = 117.8\mu$ ergeben. Man sieht, daß diese beiden Maxima wiederum durch ein Minimum voneinander getrennt sind, welches angenähert an derselben Stelle des Spektrums liegt wie dasjenige, welches in der Energieverteilungskurve der Reststrahlen von Kalkspat beobachtet worden ist. Dasselbe Minimum macht sich auch, wie wir gesehen haben, in der Energiekurve der Reststrahlen von Bleichlorid bemerkbar. Es liegt deshalb nahe, die Entstehung dieser Minima einer gemeinsamen Ursache zuzuschreiben, als welche ein Absorptionsstreifen des Wasserdampfs in erster Linie in Betracht kommt.

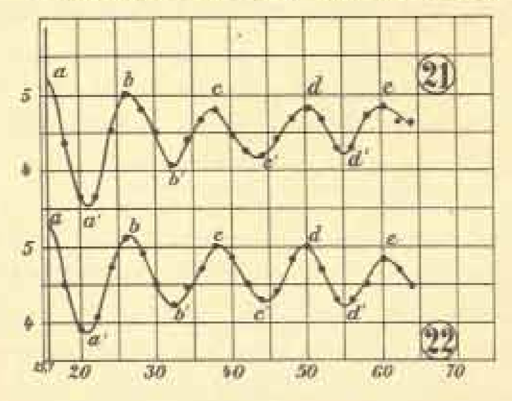
Die Reststrahlen von Bromsilber besitzen infolge ihrer großen Wellenlänge nur geringe Intensität. Jeder Punkt der aufgenommenen Interferenzkurven mußte deshalb durch eine große Zahl von Einzelbeobachtungen festgelegt werden. Da die Ausführung solcher Versuchsreihen sehr anstrengend ist, habe ich mich hier mit einer geringeren Zahl von Punkten begnügen müssen. Die Kurven **21** und **22** der Figur 12 sind Beispiele beobachteter Interferenzkurven. Sie sind

unter denselben Versuchsbedingungen aufgenommen wie diejenigen, welche sich auf Reststrahlen von Chlorsilber und Kalomel beziehen.

Die Interferenzkurven **21** und **22** zeigen auf den ersten Anblick keine besonderen Eigentümlichkeiten. Indessen ergibt die Berechnung der mittleren Wellenlänge unter gleichwertiger Benutzung sämtlicher Maxima und Minima wiederum einen wesentlich anderen, und zwar in diesem Falle größeren Wert als die alleinige Verwendung von a, b und a'. Legt man nur diese drei Punkte der Wellenlängenmessung zugrunde, so folgt aus Reihe **21** $\lambda_0 = 113.1\,\mu$, aus Reihe **22** $\lambda_0 = 112.0\,\mu$ und aus zwei weiteren, hier im einzelnen nicht wiedergegebenen Reihen $111.9\,\mu$ und $114.0\,\mu$, im Mittel also $\lambda_0 = 112.7\,\mu$. Dagegen liefert die gleichmäßige Verwertung aller Maxima und Minima der Kurve **21** den Wert $\lambda_0 = 115.9\,\mu$ und der Kurve **22** $\lambda_0 = 116.5\,\mu$. Dieser Befund

Fig. 12.

Reststrahlen von Bromsilber.



läßt wiederum entweder einen unsymmetrischen Verlauf der Energiekurve oder das Vorhandensein zweier Maxima erwarten, von welchen das langwelligere das stärkere ist. Die Interferenzkurven sind jedoch nicht genau genug, um sichere Rückschlüsse auf die Form der Energiekurve zu gestatten.

Überhaupt wird man bei der Deutung dieser Interferenzkurven, besonders derjenigen von Kalomel und Bromsilber, im Auge behalten müssen, daß daraus unter Benutzung des hier verwendeten Näherungsverfahrens nur die Wellenlänge des stärkeren Streifens mit Genauigkeit hergeleitet werden kann, während diejenigen des schwächeren Begleiters wegen der oft sehr unsicheren Festlegung der korrespondierenden Punkte häufig mit größeren Fehlern behaftet ist.

4. Versuche mit der Quarzlinsenanordnung.

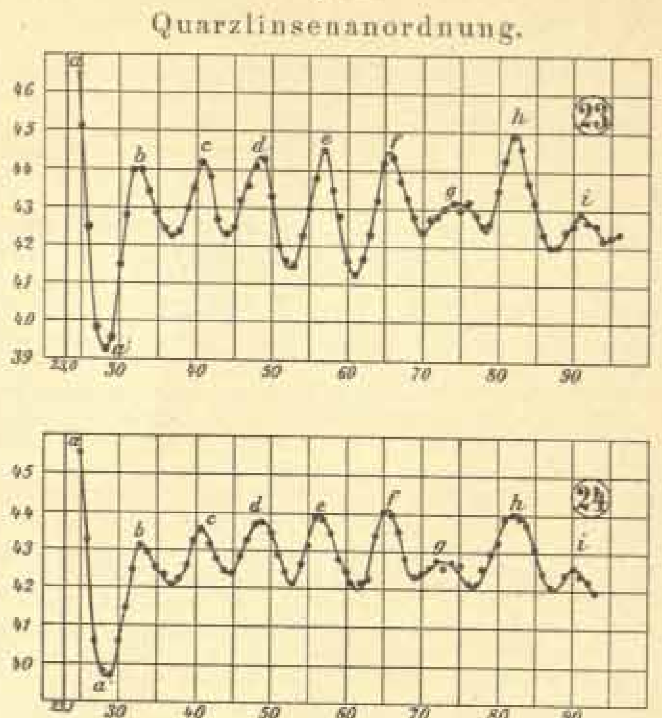
Es ist aus den in dem Vorstehenden beschriebenen Versuchen der Schluß gezogen worden, daß auch bei den Reststrahlen von Chlorsilber und Bleichlorid das Auftreten mehrerer Maxima durch die selektive Absorption des Wasserdampfs verursacht wird. Trifft diese letzte Behauptung zu, so muß sich dieses Absorptionsspektrum des Wasserdampfs, welches bei den Versuchen mit langwelligen Reststrahlen beobachtet worden ist, auch bei anderen Versuchsanordnungen bemerkbar machen, bei welchen die Aussonderung der langwelligen Strahlung nicht durch selektive Reflexion bewirkt wird. Eine derartige Anordnung ist in der bereits mehrfach zitierten Arbeit von Hrn. R. W. Wood und mir beschrieben worden. Die Methode beruht auf der großen Verschiedenheit des Brechungsexponenten des Quarzes für die diesseits und jenseits seines Absorptionsgebiets gelegenen Strahlen. Den wichtigsten Teil des Apparates bildet ein System von zwei Quarzlinsen, deren erste dazu dient, die Strahlung einer Lichtquelle durch ein enges Diaphragma hindurchzuschicken, und deren zweite dazu verwendet wird, diese Strahlung auf der temperaturempfindlichen Lötstelle des Mikroradiometers zu vereinigen. Sind die Linsen entsprechend justiert und werden gewisse Blenden in den Strahlengang eingeführt, so gelangen nur die jenseits des Absorptionsgebiets gelegenen langwelligen Strahlen zu dem Meßinstrument; die mittlere Wellenlänge und spektrale Zusammensetzung dieser Strahlen hängt außer von der Natur der angewendeten Strahlungsquelle hauptsächlich von der Dicke der im Strahlengange befindlichen Quarzschicht ab. Je dicker diese Schicht ist, um so mehr rückt der Schwerpunkt der isolierten Strahlung nach langen Wellen, weil die Absorption des Quarzes mit abnehmender Wellenlänge rasch wächst.

Will man das Absorptionsspektrum des Wasserdampfs in dem jenseits 70 μ gelegenen Spektralgebiet mit Hilfe der Quarzlinsenmethode untersuchen, so ist es erforderlich, die Dicke der im Strahlengange befindlichen Quarzschicht möglichst zu reduzieren, weil sonst der zwischen 70 und 80 μ gelegene Teil des Spektrums zu sehr geschwächt wird. Es wurden deshalb zwei verhältnismäßig dünne Quarzlinsen von 7 cm Durchmesser verwendet.

In Fig. 13 sind zwei unter diesen Bedingungen aufgenommene Interferenzkurven zur Anschauung gebracht. Kurve **23** ist mit dem Auerbrenner aufgenommen. Im Strahlengang befanden sich 170 cm wasserdampfhaltige Zimmerluft von dem absoluten Feuchtigkeitsgehalt $e = 5.8$ mm. Kurve **24** bezieht sich auf den schwarzen Körper als

Fig. 13.

Quarzlinsenanordnung.



Strahlungsquelle, einen Luftweg von 110 cm und einen Feuchtigkeitsgehalt von 4.8 mm.

Zunächst ist sowohl die Ähnlichkeit beider Kurven untereinander, als auch mit den Interferenzkurven **13**, **14** und **15** der Reststrahlen von Bleichlorid (Fig. 9) in die Augen springend. Die Übereinstimmung ergibt sich besonders aus der Betrachtung der Gruppe *f, g, h, i*. Auch die Entfernung dieser Maxima von dem Maximum *a*, d. h. die Dicken der Luftplatte, bei welcher sie auftreten, stimmen so nahe miteinander überein, daß man nicht daran zweifeln kann, sie in beiden Fällen derselben Ursache zuzuschreiben. Es ist eben gezeigt worden, daß die Gruppe *f, g, h, i* der Kurven **13** und **14** hauptsächlich durch die Absorption des Wasserdampfs hervorgerufen wird. Dasselbe kann auch bezüglich der Kurven **23** und **24** bewiesen werden. Es ist ohne weiteres zu erkennen, daß sämtliche Maxima und Minima der Kurve **23**, bei welcher sich die größere Wasserdampfmenge im Strahlengange befindet, weit stärker ausgeprägt sind, als in Kurve **24**. Bei weiterer Verlängerung des Strahlenganges auf 250 cm und Einschaltung des 40 cm langen Heizrohres, in welches 1.5 ccm Wasser pro Minute einträufelte, erfuhr die Höhe der Maxima und die Tiefe der Minima von *c* bis *i* noch eine erhebliche Steigerung, so daß die

Höhenunterschiede bei gleichen Ausschlägen mehr als doppelt so groß wurden wie in Kurve **24**. Anderseits ließ sich durch Benutzung eines luftdicht schließenden Kastens, welcher das mittlere Diaphragma und die beiden Linsen der Quarzlinsenanordnung einschloß, mit Quarzfenstern versehen und mit trockener Luft gefüllt war, die im Strahlengange befindliche feuchte Luftstrecke auf etwa 25 cm reduzieren. Die Höhe der Maxima *d*, *e* und *f* wurde dann gegenüber denjenigen der Kurve **24** noch beträchtlich reduziert, und das Maximum *h* war nahezu vollständig verschwunden, während *b* sogar stärker hervortrat wie in den Kurven der Figur 13. Hiernach stellen die Kurven **23** und **24** in ihrem weiteren Verlaufe, etwa von dem Maximum *c* ab, im wesentlichen ein Interferenzbild der Wasserdampfbanden dar, welches die stark gedämpfte Interferenzkurve der isolierten, sehr inhomogenen Strahlung überlagert[1]. Berechnet man die mittlere Wellenlänge dieser Strahlung, wie dies früher geschehen ist, aus der Entfernung des zweiten Maximums *b* und der ersten beiden Minima *a'* und *b'* von dem ersten Maximum *a*, so ergeben sich folgende Werte:

Tabelle IV.

Reihe **23**.
Lichtquelle: Auerbrenner II.

Bezeichnung der Maxima und Minima	Beobachtete Lage in Skalenteilen	Wellenlänge λ
a	23.0	—
a'	28.1	106.6 μ
b	32.6	100.7
b'	37.1	98.5

Reihe **24**.
Lichtquelle: Schwarzer Körper.

Bezeichnung der Maxima und Minima	Beobachtete Lage in Skalenteilen	Wellenlänge λ
a	23.1	—
a'	28.7	117.0 μ
b	33.1	104.6
b'	37.3	99.4

Die Tatsache, daß die mittlere Wellenlänge des mittels Quarzlinsen isolierten Strahlenkomplexes sich um so kleiner ergibt, je höher die Ordnungszahl des zu ihrer Berechnung benutzten Maximums oder Minimums ist, wurde bereits in unserer früheren Arbeit besprochen und durch starke Asymmetrie der Energieverteilungskurve zu erklären versucht, indem angenommen wurde, daß das Maximum der Energiekurven bei kleineren Wellenlängen liegt als ihr Schwerpunkt. Es kann indessen nach dem Vorstehendem keinem Zweifel unterliegen, daß die genannte Eigentümlichkeit der Interferenzkurven mindestens

[1] Dagegen hat sich ein wesentlicher Einfluß der Wasserdampfabsorption auf die Energieverteilung der langwelligen Strahlung der Quecksilberlampe nicht nachweisen lassen.

zum Teil auf die selektive Absorption des Wasserdampfs zurückgeführt werden muß, welche an mehreren Stellen des Spektrums tiefe Einsenkungen der Energiekurve verursacht, so daß bei 90 μ ein ausgeprägtes Maximum entsteht. Ein weiteres Maximum wird vermutlich in der Nähe von $\lambda = 115\ \mu$ auftreten und ein drittes, wenn die eingeschaltete Quarzschicht nicht zu dick ist, etwa bei 74 μ. Die mittlere Wellenlänge des gesamten Strahlenkomplexes kann daher nur aus der Lage des ersten Minimums der Interferenzkurve mit genügender Sicherheit abgeleitet werden, wie dies bereits in unserer früheren Arbeit geschehen ist. Der aus Reihe **23** sich ergebende Wert $\lambda = 106.6\ \mu$ stimmt mit dem früher unter angenähert gleichen Bedingungen erhaltenen $\lambda = 108.2\ \mu$ genügend überein. Dagegen ist der in gleicher Weise aus Reihe **24** abgeleitete Wert der mittleren Wellenlänge ($\lambda = 117\ \mu$) erheblich größer. Hieraus geht hervor, daß die Strahlung des Auerbrenners in dem hier in Betracht kommenden langwelligen Spektralgebiet mit wachsender Wellenlänge schneller abnimmt als diejenige des schwarzen Körpers[1].

Wie schon hervorgehoben wurde, ist außer der selektiven Absorption des Wasserdampfs auch diejenige des im Strahlengange befindlichen Quarzes und die Art der Schwärzung des verwendeten Thermoelements auf die beobachtete Energieverteilung von Einfluß. Daß bei den Versuchen mit Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium der Einfluß des Schwärzungsmittels nicht sehr stark hervortritt, geht daraus hervor, daß die mit dem neuen Mikroradiometer aufgenommenen Interferenzkurven mit den früher beobachteten ihrer Form nach fast genau übereinstimmen, obwohl das neue Instrument mit Natronwasserglas[2], das alte mit Ruß geschwärzt ist. Um auch in dem jenseits 80 μ gelegenen Spektralgebiet ein Urteil über den Einfluß des Schwärzungsmittels zu gewinnen, wurde noch eine weitere Interferenzkurve der mittels Quarzlinsen isolierten, langwelligen Strahlung des Auerbrenners aufgenommen unter Benutzung eines Mikroradiometers, dessen Thermo-

[1] Von dem verwendeten Invert-Auerbrenner erhält man mit der Quarzlinsenanordnung eine um etwa 30 Prozent intensivere und merklich langwelligere Strahlung in vertikaler als in horizontaler Richtung. Der Grund liegt darin, daß der als Brennerkopf dienende glühende Schamottezylinder für die nach unten austretenden Strahlen nahezu wie ein schwarzer Körper wirkt.

[2] Freilich ist auch bei dem neuen Instrument das als Schwärzungsmittel verwendete Natronwasserglas mit einem Zusatz von Ruß versehen, welcher als Bindemittel dient und das sonst leicht eintretende Absplittern des Natronsilikats verhindert. In dem hier betrachteten Spektralbereich liefert jedoch der Rußzusatz nur einen sehr geringen Beitrag zur Schwärzung, weil, wie ich mich überzeugt habe, die Empfindlichkeit des Instruments ungefähr dieselbe bleibt, wenn die Schwärzung durch Natronwasserglas ohne Rußzusatz erfolgt. Schwärzung durch Ruß allein liefert eine zwei- bis dreimal geringere Empfindlichkeit.

element nicht mit Natronwasserglas geschwärzt war. Die Kontaktstelle des Elements wurde zu diesem Zweck mit einer dicken Schicht von Mattlack bedeckt, welchem durch Zusatz von Wolframpulver eine erhöhte Konsistenz gegeben war. Die Versuchsreihe wurde unter denselben äußeren Bedingungen aufgenommen wie Reihe **23** und ergab auch bis auf alle Einzelheiten der Kurve das gleiche Resultat, während die Ausschläge, des ungünstigeren Schwärzungsmittels wegen, viel kleiner waren. Der Einfluß des Schwärzungsmittels ist also auch in dem jenseits 80 μ gelegenen Spektralgebiet nicht sehr erheblich.

5. Selektive Absorption des Quarzes.

Die Absorption des Quarzes wurde, soweit es die vorhandenen Hilfsmittel zuließen, einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Es standen zu diesem Zweck vier sehr sorgfältig geschliffene, planparallele Quarzplatten zur Verfügung, von welchen eine parallel, und drei senkrecht zur Achse geschnitten waren. Da es sich herausstellte, daß die früher auf ihre Durchlässigkeit für langwellige Strahlung geprüften Quarzplatten der vorgeschriebenen Bedingung in Beziehung auf die Lage der optischen Achse nur unvollkommen entsprachen[1], so wurden die Messungen auch für die Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin, Bromkalium und Jodkalium mit den neuen, sehr genau orientierten Platten wiederholt. Die Beobachtungen wurden bei einer Temperatur von 10 bis 12° C ausgeführt. Die Ergebnisse sind für sämtliche Reststrahlengruppen in Tabelle V zusammengestellt.

Tabelle V.
Durchlässigkeit D und Absorptionskonstante q des Quarzes.

Reststrahlen von	Mittlere Wellenlänge λ_0	a ⊥ $d = 1.93$ mm		b ⊥ $d = 3.99$ mm		c ⊥ $d = 7.26$ mm		d ‖ $d = 7.39$ mm		e ‖ $d = 7.39$ mm	
		D	q	D	q	D	q	D'	q'	D''	q''
Na Cl	52.0 μ	28.2%	0.502	10.9%	0.480	2.94%	0.445	4.23%	0.386	5.70%	0.346
K Cl	63.4	41.1	0.310	21.9	0.305	8.48	0.298	11.5	0.252	14.9	0.218
Ag Cl	81.5	49.1	0.220	32.8	0.207	19.2	0.190	24.1	0.153	29.4	0.126
K Br	82.6	48.5	0.227	32.6	0.209	19.1	0.190	24.4	0.152	30.2	0.123
$PbCl_2$	91.0	57.8	0.138	44.1	0.133	31.3	0.121	33.9	0.107	37.0	0.095
K J	95.6	61.4	0.107	50.3	0.101	36.1	0.100	37.8	0.093	40.0	0.085
Na_2CO_3	98.7	—	—	—	—	40.3	0.086	—	—	—	—
Hg_2Cl_2	98.8	63.2	0.092	52.7	0.089	40.5	0.086	41.6	0.080	43.2	0.075
Ag Br	112.7	68.7	0.054	61.5	0.053	50.8	0.054	51.7	0.051	53.1	0.048

[1] H. Rubens und H. Hollnagel, a. a. O. S. 49.

Unter der Durchlässigkeit D, D' bzw. D'' ist stets die hindurchgehende Strahlungsintensität, ausgedrückt in Prozenten der auffallenden zu verstehen, ohne Rücksicht darauf, ob die Schwächung der Strahlung durch Reflexion oder Absorption erfolgt. D bezieht sich auf natürliches Licht und senkrecht zur Achse geschnittene Platten; in diesem Falle schwingt also der elektrische Vektor senkrecht zur Achse. D' bedeutet die Durchlässigkeit einer parallel zur Achse geschnittenen Platte für natürliches Licht und D'' die Durchlässigkeit einer ebensolchen Platte für linear polarisierte Strahlung, deren elektrischer Vektor der optischen Achse parallel gerichtet ist. Zur Ermittlung der entsprechenden Absorptionskonstanten q, q' und q'' war es zunächst erforderlich, die beobachteten Durchlässigkeiten D, D' und D'' wegen des Reflexionsverlustes zu korrigieren. Dieses geschah durch Rechnung unter Zugrundelegung der Brechungsexponenten, welche die früher aufgestellte Dispersionsformel in dem hier betrachteten Spektralgebiet für den ordentlichen Strahl liefert[1]. In der folgenden kleinen Tabelle VI sind für einige Wellenlängen die Brechungsexponenten angegeben, welche unter Benutzung der früher berechneten Konstanten aus dieser Dispersionsgleichung sich ergeben. Außerdem ist das Reflexionsvermögen für eine Oberfläche bei senkrechter Inzidenz, $R = 100 \cdot \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$ hinzugefügt.

Tabelle VI.

Wellenlänge λ	Brechungsexponent n	Reflexionsvermögen für eine Oberfläche R
53 μ	2.21	14.2 %
64	2.19	13.9
80	2.17	13.6
100	2.16	13.5
∞	2.14	13.2

Mit Hilfe dieser Zahlen und der in Tabelle V enthaltenen unkorrigierten Durchlässigkeiten D, D' und D'' lassen sich die für den Reflexionsverlust korrigierten Werte Δ, Δ' und Δ'' in bekannter Weise berechnen[2]. Die Absorptionskonstanten q, q' und q'' sind dann durch die Gleichungen definiert

[1] H. Rubens und E. F. Nichols, a. a. O. 434. Die Formel ist in dem langwelligen Spektrum geprüft worden (H. Rubens und E. Aschkinass, Wied. Ann. 67, S. 459, 1899). Bei 56 μ betrug die Differenz zwischen dem berechneten und beobachteten Berechnungsexponenten weniger als 1 Prozent.

[2] Hierbei ist freilich die Verschiedenheit der Brechungsexponenten für den ordentlichen und außerordentlichen Strahl im Quarz nicht berücksichtigt. Der

$$\frac{\Delta}{100} = e^{-qd}, \quad \frac{\Delta'}{100} = e^{-q'd}, \quad \frac{\Delta''}{100} = e^{-q''d},$$

worin d die in Millimetern gemessene Dicke der Schicht bedeutet.

Die Reststrahlen sind stets durch die wiederholte Reflexion an den zur Aussonderung der langwelligen Strahlung dienenden Spiegeln unter schiefen Inzidenzwinkeln teilweise elliptisch polarisiert, und zwar bei der hier verwendeten Anordnung derart, daß der elektrische Vektor vorwiegend in der Vertikalebene schwingt. Für eine parallel zur Achse geschnittene dichroitische Quarzplatte ergeben sich aus diesem Grunde merklich verschiedene Durchlässigkeiten, je nachdem man die Quarzplatte mit horizontaler oder vertikaler optischer Achse in den Strahlengang einführt. Um die für unpolarisierte Strahlung geltenden Durchlässigkeitswerte D' zu erhalten, wurde die Durchlässigkeit stets bei horizontaler und vertikaler Stellung der Achse gemessen und aus beiden Resultaten das arithmetische Mittel gebildet. Die in der letzten Doppelspalte (e) der Tabelle V angegebenen Zahlenwerte für die Durchlässigkeit D'' und Absorptionskonstante q'' einer parallel zur Achse geschnittenen Quarzplatte für senkrecht zur Achse polarisierte Strahlung sind nicht direkt beobachtet, sondern in bekannter Weise aus den Zahlenwerten der Doppelspalten c und d berechnet.

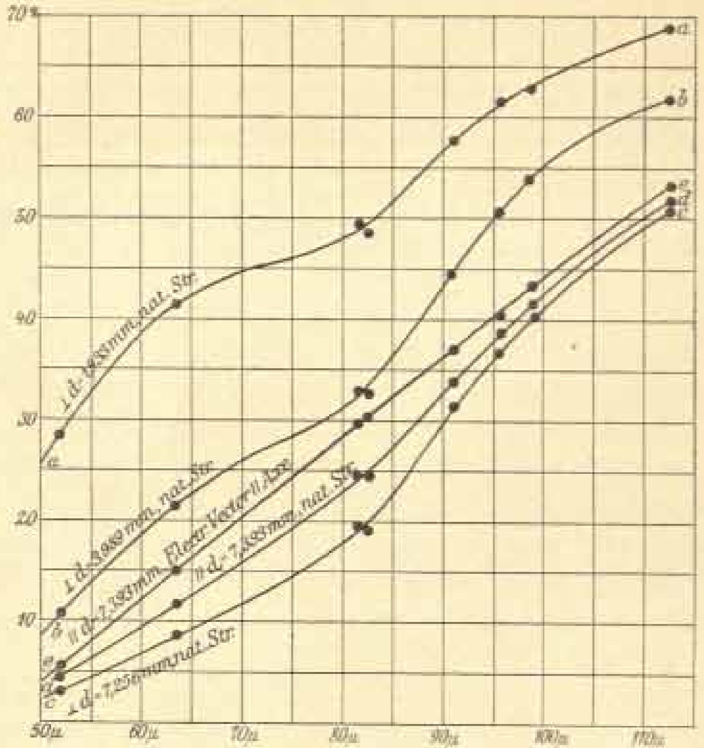
In den Kurven a bis e der Figur 14 ist die Durchlässigkeit der untersuchten Quarzplatten als Funktion der Wellenlänge dargestellt, und zwar trägt jede Kurve die gleichen Buchstaben wie die entsprechende Spalte der Tabelle V, welcher die zur Zeichnung der Kurve verwendeten Durchlässigkeitswerte entnommen sind.

In sämtlichen Kurven ist die Zunahme der Durchlässigkeit mit wachsender Wellenlänge deutlich zu erkennen. Der Anstieg ist jedoch bei den Kurven a, b, c und d kein gleichmäßiger, sondern es ist in der Nähe von $\lambda = 80\mu$ eine Einsenkung bemerkbar, welche insbesondere bei den für senkrecht zur Achse geschnittene Platten geltenden Kurven a, b und c stark hervortritt. Kurve d, welche die Absorption der parallel zur Achse geschnittenen Platte für natürliche Strahlung darstellt, zeigt diese Einsenkung in viel geringerem Maße und in Kurve e, welche die Absorption derselben Platte für linear polarisierte Strahlung wiedergibt, deren elektrischer Vektor parallel zur optischen Achse schwingt, ist die genannte Einsenkung überhaupt nicht bemerkbar.

Brechungsexponent des außerordentlichen Strahles ist in diesem Spektralgebiet noch unbekannt. Da indessen die Dielektrizitätskonstante des Quarzes senkrecht und parallel zur optischen Asche sich nur um wenige Prozente unterscheidet, so wird man annehmen dürfen, daß die Doppelbrechung des Quarzes in diesem Spektralgebiet sehr gering ist.

Fig. 14.

Durchlässigkeit des Quarzes.



Es handelt sich hier also um eine Eigentümlichkeit im Verlauf der Absorptionskurve, welche nur den ordentlichen Strahl betrifft.

An allen Stellen des untersuchten Spektralgebiets absorbiert der Quarz die Strahlung stärker, wenn der elektrische Vektor senkrecht zur Achse schwingt, als wenn er ihr parallel gerichtet ist. Besonders stark tritt der Dichroismus des Quarzes in dem Spektralgebiet unterhalb 90μ hervor. Jenseits 90μ dagegen nimmt der Dichroismus mit wachsender Wellenlänge rasch ab und ist z. B. für die langwellige Strahlung der Quarz-Quecksilberlampe kaum noch bemerkbar.

Ein Vergleich der Absorptionskonstanten q, welche sich für dieselbe Reststrahlenart bei verschiedener Plattendicke ergeben, läßt, wie zu erwarten war, erkennen, daß diese Größen mit wachsender Schichtdicke stetig abnehmen. Diese Abnahme muß prozentisch um so größer ausfallen, je inhomogener die Strahlung und je selektiver die Absorption des Quarzes an der betreffenden Stelle des Spektrums ist. Die Abnahme von q beträgt im allgemeinen nicht mehr als 10 Prozent des Anfangsbetrags bei einer Steigerung der Plattendicke von 1.93 auf 7.26 mm. Nur für die Reststrahlen von Chlorsilber, Bleichlorid und Bromkalium ist die Änderung der Absorptionskonstanten erheblich

größer und erreicht im letztgenannten Falle 16 Prozent. Bei den Reststrahlen von Bleichlorid ist die starke Abnahme von q mit wachsender Plattendicke zweifellos mit der erheblichen Inhomogenität dieser Strahlen in Zusammenhang zu bringen und dasselbe mag in beschränkterem Maße auch für die Reststrahlen von Chlorsilber gelten. Bei den viel homogeneren Reststrahlen von Bromkalium dagegen muß aus der beträchtlichen Verminderung von q auf einen besonders selektiven Charakter der Absorption des ordentlichen Strahles im Quarz an dieser Stelle des Spektrums geschlossen werden. Es wurde oben darauf hingewiesen, daß gerade in diesem Spektralgebiet die Kurven a, b und c eine starke Ausbuchtung zeigen. Zweifellos stehen diese beiden Tatsachen in Zusammenhang.

Die Zahl und Homogenität der zur Verfügung stehenden Reststrahlenarten ist nicht ausreichend, um den Verlauf der Absorptionskurven in allen Einzelheiten genau zu bestimmen. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß in der Nähe von $\lambda = 82\mu$ nicht nur eine Ausbuchtung der Durchlässigkeitskurve, sondern ein wirkliches Absorptionsmaximum für den ordentlichen Strahl vorhanden ist. Hierfür scheint sogar die Tatsache zu sprechen, daß die Reststrahlen von Chlorsilber, obwohl sie eine etwas geringere mittlere Wellenlänge besitzen als diejenigen von Bromkalium, dennoch in senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzplatten weniger stark absorbiert werden. Durch mehrfach wiederholte Messungen habe ich mich davon überzeugt, daß es sich hier nicht um einen Beobachtungsfehler handelt. Indessen wird man bei dem sehr verschiedenen Grade von Homogenität, welchen die Reststrahlen von Bromkalium und Chlorsilber besitzen, kaum erwarten dürfen, bei gleicher mittlerer Wellenlänge auch genau die gleiche Durchlässigkeit zu erhalten. Man kann daher aus dem vorliegenden Tatsachenmaterial noch nicht mit Sicherheit auf das Vorhandensein eines Durchlässigkeitsminimums für den ordentlichen Strahl in der Nähe von 82μ schließen.

Bei den Reststrahlenversuchen befand sich während der Aufnahme der Interferenzkurven ohne Trockenkasten stets eine Quarzschicht von 1.9 mm Dicke im Strahlengang. Diese wurde gebildet durch die beiden je 0.6 mm dicken Quarzplatten des Interferometers und durch das 0.7 mm dicke Fenster des Mikroradiometers. Bei Anwendung des Trockenkastens kamen die beiden Verschlußplatten P_1 und P_2 (Fig. 1) von je 0.75 mm Dicke hinzu, so daß die Stärke der eingeschalteten Quarzschicht dann 3.4 mm betrug[1]. Nach den Ergebnissen der beschriebenen Durchlässigkeitsmessungen besteht der Einfluß, welchen die selektive Absorption der Quarzschicht auf die Energiever-

[1] Die Quarzplatten sind annähernd senkrecht zur Achse geschnitten.

teilung der Reststrahlen ausübt, hauptsächlich darin, daß die langwellige Strahlung im Vergleich mit der kurzwelligeren zu intensiv erscheint. Die Energiekurve steigt von der kurzwelligen Seite etwas steiler an und sinkt nach der langwelligen etwas langsamer ab, als dies ohne Einschaltung der Quarzschicht der Fall sein würde, und die gemessene mittlere Wellenlänge der Strahlung wird um einen geringen Betrag erhöht. In der Nähe von $\lambda = 82\mu$ lassen die Kurven der Figur 4 allerdings einen stärkeren Einfluß der selektiven Absorption des Quarzes erwarten. Indessen kann, wie bereits oben gezeigt worden ist, das bei 79μ beobachtete Minimum in der Energieverteilung der Reststrahlen von Bromkalium und Chlorsilber durch die Quarzabsorption allein nicht erklärt werden.

Es soll endlich noch darauf hingewiesen werden, daß die Zahlen der Tabelle 5 bzw. die Kurven der Figur 14 dazu dienen können, in dem hier betrachteten Spektralbereich die Wellenlänge unbekannter Strahlenarten in sehr einfacher Weise durch Beobachtung der Quarzabsorption zu bestimmen. Kurve *e* eignet sich wegen ihres glatten Verlaufs zu dieser Art der Wellenlängenmessung am besten. Man bestimmt die Durchlässigkeit der zu untersuchenden Strahlen für eine senkrecht und eine parallel zur Achse geschnittene Quarzplatte von etwa 7 mm Dicke und berechnet hieraus die Durchlässigkeit für den außerordentlichen Strahl. Kleine Verschiedenheiten der Dicke können leicht mit Hilfe der angegebenen Absorptionskonstanten genügend genau berücksichtigt werden.

6. Zusammenstellung der Ergebnisse.

1. Die Absorption des Wasserdampfs der Zimmerluft beeinflußt die Energieverteilung der Reststrahlen in erheblichem Maße; die Zweiteilung der Reststrahlen von Steinsalz, Sylvin und Bromkalium wird dadurch bewirkt.

2. Die mittlere Wellenlänge der Reststrahlen zeigt dagegen nur geringe Abhängigkeit von dem Wasserdampfgehalt der Zimmerluft.

3. Es wurden die Reststrahlen von Chlorsilber, Bleichlorid, Kalomel und Bromsilber untersucht, deren mittlere Wellenlänge sich unter den angewendeten Erzeugungsbedingungen zu 81.5μ, 91.0μ, 98.8μ und 112.7μ ergaben. Diese Messungen wurden in Gemeinschaft mit Hrn. H. v. Wartenberg ausgeführt.

4. Auch in den Energiekurven einiger dieser Reststrahlenarten, insbesondere in denjenigen von Chlorsilber und Bleichlorid treten, wie aus den beobachteten Interferenzkurven geschlossen werden muß, Eigentümlichkeiten hervor, welche auf die Wirkung der Wasserdampfab-

sorption zurückzuführen sind. Dieselben Eigentümlichkeiten zeigen sich auch in der Energieverteilung der mittels Quarzlinsen isolierten langwelligen Strahlung.

5. Der Wasserdampf übt in dem ganzen Spektralgebiet zwischen 45μ und 120μ starke Absorption aus. Besonders intensive Absorption findet bei den Wellenlängen 50μ, 66μ und 79μ und wahrscheinlich auch bei den Wellenlängen 58μ und 103μ statt. Relativ hohe Durchlässigkeit ist dagegen bei den Wellenlängen 47μ, 54μ, 62μ, 75μ, 91μ und 115μ anzunehmen.

6. Der Quarz zeigt in dem untersuchten Spektralgebiet zwischen 53μ und 113μ deutlich ausgesprochenen Dichroismus in dem Sinne, daß die Strahlung stärker absorbiert wird, wenn der elektrische Vektor senkrecht zur Achse schwingt, als wenn er ihr parallel gerichtet ist.

Die Bestimmung des Geoids im Gebiete des Harzes.

Von F. R. Helmert.

(Vorgelegt am 17. Oktober 1912 [s. Jahrg. 1912 S. 965].)

Wir verstehen hier unter Geoid eine Niveaufläche, die sich in Meereshöhe unterhalb des Festlandes hinzieht; auf die genaue Festsetzung der Höhenlage kommt dabei mit Rücksicht auf die erreichbare Genauigkeit nichts an. Die Methode der Bestimmung war die bekannte astronomisch-geodätische, welche zunächst Lotabweichungen ermittelt (aus praktischen Gründen meist in geographischer Breite), aus denen sich dann mehr oder weniger genau weitergehende Schlüsse auf die Gestaltung des Geoids ziehen lassen. Wegen der Krümmung der Lotlinien wurden noch Schweremessungen in hinreichender Anzahl über das behandelte Gebiet ausgebreitet; sie sind nach der von mir früher angegebenen Methode bei der Ableitung der Höhenlage des Geoids über dem Erdellipsoid benutzt worden[1]. Außerdem geben sie einigen Aufschluß über die unterhalb des Meeresniveaus liegenden störenden Massen der Erdkruste.

Die ersten astronomischen Bestimmungen erfolgten zum Studium des Ganges der Lotabweichung in Breite auf 10 Stationen in den Jahren 1873 und 1874 auf Anordnung des Präsidenten des Kgl. Preußischen Geodätischen Instituts Generalleutnants z. D. Dr. Baeyer durch Prof. Dr. Th. Albrecht und seine Assistenten Dr. Löw und Richter. Albrecht gibt in dem Bericht über die Vierte Allgemeine Konferenz der Europäischen Gradmessung zu Dresden 1874 (Berlin, G. Reimer, 1875) auf S. 65 u. 66 über die Ergebnisse eine kurze Darstellung, wobei noch fünf anderweit bestimmte Punkte mitbenutzt sind. Daraus ersieht man, daß die Untersuchung durch die Wahrnehmung einer größeren Lotabweichung in Breite auf dem Brocken angeregt wurde, welche nach Beobachtungen des Generalleutnants Baeyer in der Richtung des Meridians (gegen Rauenberg bei Berlin, dem Ausgangspunkte der Landesaufnahme, als Nullpunkt) mehr als 9″ betrug[2].

---

[1] Sitzungsberichte 1900, S. 964 u. f. und 1901, S. 958 u. f.

[2] Vgl. auch die Publikation des Kgl. Preuß. Geodätischen Instituts: Astr.-geod. Arbeiten in den Jahren 1873 und 1874 (Berlin, P. Stankiewicz, 1875).

Im Jahre 1875 wurden 16 Breitenstationen zur weitergehenden Aufklärung des Verlaufs der Lotabweichung angelegt, und so konnte Albrecht unter Zuziehung von noch fünf außerdem bekannt gewordenen Punkten eine Zusammenstellung von 36 Lotabweichungen in Breite geben, zu denen 1880 auf Veranlassung des Geologen Prof. Dr. Lossen noch drei neue im Ostharze hinzukamen. Eine 1881 veröffentlichte Zusammenstellung gibt die Lotabweichungen neuberechnet wegen verbesserter Deklinationen[1]. Die Berechnung legt ein Besselsches Ellipsoid zugrunde; die Lotabweichung in Breite für Seeberg bei Gotha ist zu Null angenommen. Zur Orientierung des geodätischen Netzes diente ein Azimut auf Inselsberg, so daß hier die östliche Komponente der Lotabweichung Null gesetzt ist (Astr.-geod. Arb. 1875, S. 148).

Die Lotabweichungsstationen liegen zumeist im eigentlichen Harzgebiet und in dessen näherer Umgebung, nördlich bis Asse bei Braunschweig, südlich bis Heldburg bei Koburg, östlich bis Leipzig und westlich bis Herkules bei Kassel. Im Jahre 1881 bestimmte Löw noch die Lotabweichung in Breite für vier Stationen im Harze, und diese nunmehr auf 43 Lotabweichungen angewachsene Reihe benutzte der wohlbekannte dänische Geodät (und Staatsmann) C. G. Andrae zur Ableitung der Geoidformen für das den Harz und den westlichen Teil des Thüringer Waldes umfassende Gebiet mit dem ungefähren Umfang von 50° 40′ bis 52° in Breite und 9° 50′ bis 11° 20′ in östlicher Länge von Gr.[2].

Andrae konnte aus den Lotabweichungen in Breite selbstverständlich nur Meridianprofile des Geoids ableiten; um ihre gegenseitige Höhenlage zu erlangen, machte er die Annahme, daß längs einer nahezu westöstlich durch Asse nördlich vom Harz verlaufenden Nullinie der Lotabweichungen in Breite die Erhebung des Geoids über das Referenzellipsoid überall dieselbe, und zwar gleich Null sei. Durch die spätere genauere Feststellung von seiten des Geodätischen Instituts hat sich diese Annahme als eine nicht unbrauchbare Annäherung erwiesen.

Zu den obengenannten 43 Breitenstationen kamen im Jahre 1883 an der Nordostseite des Harzes noch zwei neue; eine umfangreichere Ergänzung wurde aber in den Jahren 1886 bis 1891 durch Anlage weiterer 23 Breitenstationen und Revision dreier[3] bereits einmal be-

[1] Astr.-geod. Arbeiten im Jahre 1875 (Berlin, P. Stankiewicz, 1876) S. 150. Mit einer Karte. — Astr.-geod. Arbeiten in den Jahren 1879 und 1880 (Berlin, P. Stankiewicz, 1881) S. 105.

[2] Den Danske Gradmaaling. IV. Udgivet af C. G. Andrae, Geheime-Etatsraad og Directeur for Gradmaalingen. Kjøbenhavn 1884 S. 411 u. f.; — Problèmes de haute géodésie (Extraits de l'ouvrage danois »Den Danske Gradmaaling«) par C. G. Andrae. 3e Cahier. Copenhague 1883.

[3] Asse, Hohegeiß, Hasselfelde.

suchter ausgeführt, um die Lotabweichungsstudien im Harzgebiet zu einem gewissen Abschluß zu bringen.

Als ich mit Beginn des Jahres 1886 die Leitung des Geodätischen Instituts übernahm, wurde ins Auge gefaßt, die Lotabweichungsarbeiten auch auf die östliche Lotabweichungskomponente zu erstrecken, um dadurch eine genauere Konstruktion des Geoids zu ermöglichen. Allerdings befanden sich unter den bis 1883 erledigten 45 Breitenstationen schon 11, wo auch das Azimut gemessen und somit die östliche Komponente der Lotabweichung festzustellen war (Herkules, Meißner, Göttingen, Brocken, Fallstein, Inselsberg, Seeberg, Neinstedt, Neubau, Petersberg, Leipzig). Für eine genaue Konstruktion des Geoids lagen sie aber zu zerstreut. Um diese zu erreichen, wurden nahe dem Parallel von etwa 17′ nördlich vom Brocken eine Reihe von fünf Azimutstationen und nahe dem Parallel von etwa 9′ südlich vom Brocken eine Reihe von acht Azimutstationen mit 21 bzw. 15 km Durchschnittsabstand der Nachbarpunkte von Prof. Löw behufs Ableitung zweier Westostprofile des Geoids ausgesucht und in Azimut bestimmt (1887 bis 1891). Die Stationen sind so ausgewählt, daß die Nachbarstationen gegenseitig sichtbar waren; auf den meisten konnte auch die Brockenstation gesehen werden. Der gewählte Abstand der Nachbarpunkte hat sich als ausreichend zur Darstellung des Verlaufs der östlichen Komponente der Lotabweichung erwiesen, insbesondere genügte auch auf dem das Gebirge durchschneidenden südlichen Profil die Dichtigkeit der Stationen.

Das aus den 13 Azimutstationen, dem Brocken und einigen Hilfspunkten gebildete Dreiecksnetz wurde auf Ersuchen des Geodätischen Instituts hinsichtlich seiner Horizontalwinkel von der Trigonometrischen Abteilung der Königlichen Landesaufnahme (hauptsächlich im Jahre 1887 durch Winkelbeobachtungen auf 17 Punkten) festgestellt und ergab bei der von Prof. Dr. A. Galle geführten Ausgleichung eine befriedigende Genauigkeit.

Alles bis dahin gesammelte astronomische Material wurde mit den erforderlichen geodätischen Grundlagen von dem genannten Mitgliede des Geodätischen Instituts in meinem Auftrage zusammengestellt und bis zur Ableitung der nördlichen bzw. östlichen Lotabweichungskomponenten verarbeitet; vgl. die im Jahre 1908 erschienene Veröffentlichung des Geodätischen Instituts, Neue Folge Nr. 36[1]. Hier sind auf

[1] Prof. Dr. A. Galle. Lotabweichungen im Harz und in seiner weiteren Umgebung. Mit 2 Karten. 200 Seiten in 4°. — In dieser Schrift ist auch eine Zusammenstellung der in Betracht kommenden Veröffentlichungen, insbesondere des astronomischen und geodätischen Beobachtungsmaterials, gegeben. — Auch die im folgenden benutzte weitere Bearbeitung des Materials verdanke ich zum größten Teil Hrn. Prof. Galle.

einer Karte 89 Breitenstationen eingetragen, es sind also zu den oben angegebenen 68 noch 21 hinzugetreten, und zwar durch Erweiterung der Grenzen des Gebietes, hauptsächlich nach Osten in die Provinz Sachsen und das Königreich Sachsen. Die Ableitung des Geoids mußte indessen auf das Gebiet zwischen den Parallelen von Asse und Kyffhäuser sowie den Meridianen von Göttingen und Petersberg eingeschränkt werden, da sich nur da die genügende Dichtigkeit der astronomischen Stationen ergab. Es umfaßt annähernd 80 km in nordsüdlicher und 140 km in ostwestlicher Richtung mit etwa 60 Punkten, so daß die durchschnittliche Entfernung der Nachbarpunkte voneinander etwa 15 km beträgt. Im Gebirge liegen die Stationen enger zusammen, an den Rändern weiter auseinander.

Bei der Konstruktion der Kurven gleicher Lotabweichung in Breite von Sekunde zu Sekunde zeigte sich an 10 Stellen die Notwendigkeit zu erneuter Anlage einer astronomischen Bestimmung; 9 der neubestimmten Lotabweichungen in Breite paßten gut zu den früheren Bestimmungen. Nur in der Gegend von Nordhausen, an dem steilen Südabhang des Harzes bei Ilfeld, zeigte sich eine Störung, die die Interpolation der Isoplethen von Sekunde zu Sekunde hinderte. Hier wurden daher noch 4 Stationen eingeschaltet[1].

Auf Grund der Lotabweichungen in Breite von nunmehr über 70 Punkten konnte Hr. Prof. Galle eine recht sichere Karte dieser Lotabweichungen mit Isoplethen von 1" Intervall in dem oben bezeichneten Gebiete entwerfen. Der Maßstab der Karte ist 1 : 250000.

Bei der Berechnung der Lotabweichungen wurde von Galle ein Bezugsellipsoid benutzt, dessen große Halbachse derjenigen von Bessels Erdellipsoid mit einer Vergrößerung um 0.0001 des Betrags entspricht. Der Besselsche Wert der Abplattung wurde beibehalten.

Als Ausgangspunkt der Berechnung diente der Rauenberg mit der Annahme einer Lotabweichung in Breite von 5" und einer solchen in östlicher Länge von 4", wie es den Untersuchungen in meinem Lotabweichungsbericht von 1887 über das für Zentraleuropa geeignete Referenzellipsoid entspricht[2].

Durch diese Grundlagen ergeben sich die Formen des Geoids besser als früher möglichst im Sinne von Störungen der normalen Gestalt der Meeresfläche, weil jetzt von einem weit ausgedehnterem

[1] Vgl. über diese Bestimmungen von 1908 und 1909 die Veröffentlichung des Geod. Inst., Neue Folge Nr. 48: M. Schnauder. Polhöhenbestimmungen in den Jahren 1902, 1903, 1908 und 1909. Berlin 1910.

[2] Verhandlungen der vom 21. bis zum 29. Oktober 1887 auf der Sternwarte zu Nizza abgehaltenen Konferenz der Permanenten Kommission der Internationalen Erdmessung. Berlin 1888. Annex Nr. Ia. F. R. Helmerts Bericht über Lotabweichungen. — Vgl. auch: Verhandlungen 1888 in Salzburg. Berlin 1889; S. 18 u. f.

Gebiet der gestörten Meeresfläche ausgegangen wird. Die Figur des Geoids ändert sich selbstverständlich nicht wirklich, aber sie gibt in der Darstellung einen anderen Anblick, gerade so wie eine krumme Fläche, die auf verschiedene Koordinatensysteme in darstellender Geometrie bezogen wird.

Bei der neuen Berechnung der Lotabweichungen erhält die Station Seeberg anstatt Null in Breite nunmehr 3″93 in Breite; infolgedessen hebt sich das Geoid vom Ellipsoid um so mehr heraus, je weiter man nach Süden geht. Die Höhenverhältnisse des Geoids erscheinen dann in den Alpen nahe dem Meridian des Brockens ganz plausibel.

Wie meine Darlegungen von 1888 zeigen, ergibt sich nämlich die Höhe des Geoids in Tirol angenähert zu 13 m, wenn man für Schleswig Null annimmt; mit den früheren Annahmen würde sich dagegen der wenig wahrscheinliche Wert von etwa −5 m ergeben[1].

Zur Ableitung der Höhen N über dem Bezugsellipsoid wurden zunächst Meridianprofile behandelt, und zwar außer dem Profil durch die Brockenstation noch beiderseits je 5 von 10 zu 10 Bogenminuten Abstand in Länge. Zwei Querprofile längs der Parallelen von 52° 5′ und 51° 40′ dienten dann zur Verbindung der Meridianprofile. Für die Meridianprofile wurden aus der Karte der Lotabweichungen in Breite die ξ = astr. Br. — geod. Br. in Intervallen von 1′ Breitenunterschied entnommen. Die Formeln sind, wenn A der nördlich gelegene Ausgangspunkt, C ein folgender Punkt ist (vgl. a. a. O. 1901, S. 964, 961 und 960):

$$N_C^* = N_A^* + J - E^*, \quad J = \frac{1}{\rho''}\int_A^C \xi \, ds_0,$$

$$E^* = -2\beta\int_A^C H \sin 2B\, dB + \frac{3\Theta_0}{4\Theta_m}\,\frac{H_C^2 - H_A^2}{R} - \frac{1}{\mathfrak{G}}\int_A^C H\, d\delta g,$$

$$N = N^* + \frac{H}{\mathfrak{G}}\left\{\frac{3}{2}\,\frac{\Theta_0 - \Theta}{\Theta_m}\,\frac{H}{R}\,\mathfrak{G} + \tau_0 - \bar{\tau}\right\},$$

$$\delta g = g - \mathfrak{G}\left\{1 - \beta\cos 2B - \frac{2H}{R}\left(1 - \frac{3\Theta_0}{4\Theta_m}\right)\right\}.$$

$$\mathfrak{G} = 980.616 \text{ cm}, \quad \beta = 0.002644, \quad \Theta_0 = 2.4, \quad \Theta_m = 5.52,$$

$$\mathfrak{G}\cdot\frac{2H}{R}\left(1 - \frac{3\Theta_0}{4\Theta_m}\right) = 0.000208\, H \text{ für } \delta g \text{ in cm bei } H \text{ in } m.$$

[1] F. R. Helmert, Geoid und Erdellipsoid (Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, 1913, S. 25 u. f.).

Meridian des Brockens.

Br.	H m	δg cm	ξ	J m	E^* mm	J-E^* m	N^* m	ζ mm	$N^*+\zeta$ m
52° 5′	110	+0.007	+ 6″30	0.000	0	0.000	2.250	0	2.250
4	105	+ 007	+ 6.70	+ 59	0	+ 59	2.306	0	2.306
3	105	+ 006	+ 7.05	+ 121	0	+ 121	2.366	0	2.366
2	90	+ 005	+ 7.40	+ 185	+ 1	+ 184	2.426	0	2.426
1	100	+ 004	+ 7.90	+ 254	+ 1	+ 253	2.492	0	2.492
0	100	+ 001	+ 8.40	+ 328	+ 1	+ 327	2.564	0	2.564
51 59	110	— 002	+ 9.05	+ 406	+ 2	+ 404	2.638	0	2.638
58	120	— 005	+ 9.80	+ 491	+ 3	+ 488	2.719	0	2.719
57	135	— 007	+10.80	+ 583	+ 3	+ 580	2.809	0	2.809
56	155	— 008	+12.00	+ 685	+ 4	+ 681	2.907	0	2.907
55	190	— 006	+13.80	+ 800	+ 5	+ 795	3.018	0	3.018
54	270	— 003	+16.00	+ 933	+ 6	+ 927	3.148	—1	3.147
53	505	+ 005	+17.95	+1.086	+ 9	+1.077	3.295	—2	3.293
52	420	+ 020	+18.55	+1.250	+ 5	+1.245	3.460	—2	3.458
51	510	+ 027	+18.40	+1.417	+ 5	+1.412	3.624	—2	3.622
50	595	+ 031	+17.00	+1.577	+ 9	+1.568	3.778	—3	3.775
49	760	+ 030	+15.00	+1.722	+24	+1.698	3.905	—5	3.900
48	1140	+ 027	+13.50	+1.849	+48	+1.801	4.005	—9	3.996
47	915	+ 026	+11.00	+1.962	+37	+1.925	4.127	—6	4.121
46	740	+ 025	+ 8.20	+2.048	+32	+2.016	4.215	—5	4.210
45	790	+ 027	+ 6.10	+2.111	+33	+2.078	4.274	—8	4.266
44	600	+ 028	+ 4.60	+2.160	+20	+2.140	4.334	—7	4.327
43	585	+ 030	+ 3.25	+2.195	+17	+2.178	4.369	—6	4.363
42	570	+ 032	+ 2.30	+2.220	+16	+2.204	4.392	—6	4.386
41	585	+ 036	+ 1.60	+2.237	+16	+2.221	4.407	—6	4.401
40	590	+ 037	+ 1.10	+2.249	+15	+2.234	4.417	—4	4.413
39	505	+ 031	+ 0.50	+2.256	+14	+2.242	4.425	—7	4.418
38	510	+ 028	— 0.15	+2.258	+15	+2.243	4.426	—4	4.422
37	355	+ 026	— 1.00	+2.253	+12	+2.241	4.424	—2	4.422
36	285	+ 026	— 1.75	+2.241	+11	+2.230	4.413	—1	4.412
35	280	+ 025	— 1.80	+2.225	+11	+2.214	4.397	—1	4.396
34	260	+ 025	— 1.40	+2.210	+11	+2.199	4.382	—1	4.381
33	240	+ 024	— 0.60	+2.201	+11	+2.190	4.373	—1	4.372
32	235	+ 023	+ 0.15	+2.199	+11	+2.188	4.371	0	4.371
31	230	+ 022	+ 0.90	+2.203	+12	+2.191	4.374	0	4.374
30	240	+ 021	+ 1.75	+2.215	+13	+2.202	4.385	0	4.385
29	250	+ 020	+ 2.20	+2.232	+13	+2.219	4.402	—1	4.401
28	240	+ 019	+ 2.75	+2.254	+14	+2.240	4.423	0	4.423

Als Beispiel geben wir in beistehender Tabelle Zahlen für den Brockenmeridian selbst; die Brockenstation entspricht bis auf 3″ dem Punkt in 51° 48′ Breite auf dem Bezugsellipsoid. Die Breiten sind ellipsoidische, und zwar bei den ξ die neuberechneten, bei den H und g aus den Meßtischblättern, die nur wenige Sekunden abweichen. Die δg wurden aus Prof. HAASEMANNS Schwerkraftbestimmun-

gen hergeleitet, wie bei den ξ unter Benutzung einer Isoplethenkarte in 1 : 250000[1].

Die 3 Glieder von E^* sind in der Tabelle bereits zusammengezogen; für 2 Breitenpunkte mögen sie angegeben werden:

$$51°48' \text{ hat } E^* = 7.28 + 52.43 - 11.88 = 47.83 \text{ mm},$$
$$51°28' \text{ hat } E^* = 21.33 + 2.42 - 9.71 = 14.04 \text{ mm}.$$

Bei der Bildung von $N^* = N_A^* + J - E^*$ ist N_A^* nach den Angaben in den obenerwähnten Salzburger Verhandlungen zu 2.250 m angesetzt. (Nach Maßgabe der jetzt bekannten Schwerestörungen wären einige Meter mehr wohl am Platze gewesen, jedoch ist dies vorläufig nicht genau festzustellen.)

Zugleich ist eine Verbesserung angebracht, die sich aus der Ausgleichung der von den Meridian- und Parallelprofilen gebildeten Vierecke ergab, siehe weiterhin. Unmittelbar geben die Beobachtungen $J - E^*$ von 52° 5′ bis 51° 40′ steigend gleich + 2.234 m; die Ausgleichung verlangt + 2.167. Für den dazwischen gelegenen Teil des Meridianprofils ist die Verminderung 2.167—2.234 = — 0.067 proportional dem Abstand vom Parallel 52° 5′ verteilt. Für den weiter südlich gelegenen Teil ist dagegen $J - E^*$ allgemein um den konstanten Betrag — 0.067 verbessert.

Die Tabelle gibt für den Übergang von N^* zu N zunächst noch die Korrektion

$$\vartheta = \frac{H}{\mathfrak{G}} \cdot \frac{3}{2} \frac{\Theta_0 - \Theta}{\Theta_m} \frac{H}{R} \mathfrak{G} = \frac{3}{2} \frac{\Theta_0 - \Theta}{\Theta_m} \frac{H^2}{R}.$$

Die ferner erforderliche Verbesserung

$$+ \frac{H}{\mathfrak{G}} (\tau_0 - \bar{\tau})$$

ist nicht angegeben. Sie ist wegen der schwierigen Berechnung weggelassen, da sie im allgemeinen nur wenige Millimeter beträgt und die Unsicherheit in den Unterschieden der berechneten Größen $J - E^* + \vartheta$ wegen der Ungenauigkeit der J selbst bei Nachbarwerten der Tabelle sich auf mehrere Zentimeter beläuft.

Das von τ abhängige Korrektionsglied erreicht beim Brocken allerdings wegen des großen Wertes von $H = 1142$ m den nicht unerheblichen Wert + 0.028 m, so daß

$$N_{\text{Brocken}} = 4.024$$

---

[1] Eine Übersicht der Ergebnisse der Schwerkraftbestimmungen ist enthalten in der Schrift: E. Borrass, Bericht über die relativen Messungen der Schwerkraft mit Pendelapparaten in der Zeit von 1808 bis 1909 (Verhandlungen der 16. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, III, 1911), S. 94ff.

wird. Das Korrektionsglied nimmt etwa mit H^2 ab, wie einfache Betrachtungen zeigen[1]. Hr. Prof. Galle fand für Gr. Knollen mit $H = 687$ m den Wert $+0.012$.

Wenn man allerdings die Absicht hätte aus den N die Lotstörungen und Krümmungsradien des Geoids herzuleiten, so würde man die Einflüsse der τ auf Millimeter genau zu berücksichtigen haben, welche Genauigkeit etwa derjenigen der beobachteten Lotabweichungen entspricht. Man kann sich aber dabei auf diejenigen Stellen beschränken, die besonders interessant erscheinen.

Zur Herleitung der beiden Parallelprofile des Geoids wurden die östlichen Lotabweichungskomponenten η zunächst auf die Breiten 52° 5' bzw. 51° 40' reduziert. Nachstehende beide Tabellen zeigen die wichtigsten Zahlen. Unter I, II und III sind die drei Teile angegeben, aus denen sich das reduzierte, mit η_0 bezeichnete η zusammensetzt.

$B_0 = 52° 5'$

Name	B	L	η	I	II	III	η_0
Sauberg	52° 3' 26"	− 34' 35"	−1".32	−1".32	+0".39	−0".01	−0".94
Adlershorst	52 6 43	− 17 21	−0.08	−0.08	−0.37	0.00	−0.45
Asse	52 8 17	+ 1 21	−3.35	−3.35	+1.66	+0.02	−1.67
Jerxheim	52 5 1	+ 15 14	−2.17	−2.17	0.00	0.00	−2.17
Kniel	52 3 58	+ 38 41	−0.23	−0.23	−0.67	0.00	−0.90
Hagelsberg	52 8 19	+114 0	−0.02	−0.02	−0.02	0.00	−0.04

$B_0 = 51° 40'$

Name	B	L	η	I	II	III	η_0
Weeper	51° 40' 0"	−47' 2"	+0".38	+0".38	0".00	0".00	+0".38
Göttingen	51 31 43	−40 28	−2.47	−2.48	−0.31	0.00	−2.79
Tockenberg	51 39 47	−36 56	−3.37	−3.37	−0.01	0.00	−3.38
Wulften	51 40 47	−26 13	−3.39	−3.39	+0.65	−0.02	−2.76
Gr. Knollen	51 40 3	−11 13	−3.58	−3.58	+0.03	0.00	−3.55
Brocken	51 47 57	− 0 4	+2.56	+2.55	−5.09	+0.25	−2.29
Hohegeiß	51 39 53	+ 3 23	+1.52	+1.52	+0.06	0.00	+1.58
Hasselfelde	51 41 13	+12 18	+3.97	+3.97	−0.85	0.00	+3.12
Neinstedt	51 45 42	+27 22	+2.03	+2.03	−1.57	+0.02	+0.48
Harzgerode	51 37 43	+31 35	−1.31	−1.31	+0.35	−0.01	−0.97
Greifenhagen	51 37 57	+47 46	+0.81	+0.81	−0.35	0.00	+0.46
Neuban	51 50 56	+50 16	−3.39	−3.38	+3.31	+0.01	−0.06
Petersberg	51 35 49	+80 12	+2.64	+2.64	−0.69	—	+1.95

[1] Vgl. F. R. Helmert, Theorien der höheren Geodäsie II, S. 172, die Formeln für die Anziehung verschiedener einfacher Körper.

B und L sind abgerundete Näherungswerte der geodätischen Breiten und Längen; für letztere ist die astronomische Länge der Brockenstation zu Null angenommen.

Im ersten Profil ist der ziemlich weit abliegende (der Berliner Umgebung angehörende) Punkt Hagelsberg zur Orientierung über den Verlauf von $\varkappa$ nach Osten mit zugezogen.

Im zweiten Profil sind die älteren Azimutstationen Göttingen, Brocken, Neinstedt, Neubau und Petersberg, die nicht dem ursprünglich ausgewählten Profil angehören, mitgenommen, da es trotz größeren Abstands in Breite möglich erschien, sie genau genug auf den Parallel des Profils zu reduzieren.

In der Tat geben bei graphischer Verzeichnung der $\varkappa_0$ als Ordinaten zu den L als Abszissen beide Profile einen glatten Verlauf einer Interpolationskurve.

Zur Reduktion der beobachteten $\varkappa_1$ in der Breite B_1 auf $\varkappa_0$ in der Breite B_0 dienten die Formeln von 1901, S. 968 und 970:

$$\varkappa_0 = \mathrm{I} + \mathrm{II} + \mathrm{III},$$

$$\mathrm{I} = \varkappa_1 \cos B_1 \sec B_0,$$

$$\mathrm{II} = -\sec B_0 \int \frac{d\xi}{dL}\, dB,$$

$$\mathrm{III} = \frac{\rho'' \sec B_0}{\mathfrak{G}R} \int \left\{ \frac{\partial H}{\partial L}\, d\delta g - \frac{\partial \delta g}{\partial L}\, dH \right\} + \frac{2\delta\rho''}{R} \sec B_0 \int \frac{\partial H}{\partial L} \sin 2B\, dB.$$

Für II gibt es noch zwei andere Formen die zur Kontrolle mitbenutzt sind. Die Integrale sind zu bilden längs der Meridiane von B_0 bis B_1.

Mit Hilfe der $\varkappa_0$ wurden die N^* in den beiden Parallelprofilen abgeleitet, wobei Formeln zur Benutzung gelangten, die denen für die Meridianprofile sehr ähnlich sind und wie diese aus den allgemeinen Formeln a. a. O. abgeleitet wurden.

Die Parallelprofile in 52° 5' und 51° 40' Breite bilden mit den sieben Meridianprofilen von + 30', + 20', + 10', 0, — 10', — 20' und — 30' Länge sechs Rechtecke. Für jedes derselben muß die Summe der ΔN^*, welche sich aus den Profilen ergeben, theoretisch gleich Null sein. Hr. Prof. Galle unterwarf demgemäß die Beobachtungswerte einer Ausgleichung, wobei nach Überlegungen, die hier übergangen werden sollen, die über 25 Breitenminuten ausgedehnten Meridianstrecken das Gewicht 1 erhielten, die 10' in Länge umfassenden Strecken der Parallelprofile das Gewicht 1.34 im Süden, 1.35 im Norden.

Der mittlere Fehler des mit Gewicht 1 beobachteten ΔN^* ergab sich zu ± 0.086 m. Für die Entfernung von 25 Breitenminuten gibt das ± 0."4 Fehler der Lotabweichung. Da jedoch die Stationen dichter liegen, so ist der Fehler größer, bei vierfacher Dichtigkeit (entsprechend der Entfernung von 11 km) gleich ± 0."8. Dies ist ganz plausibel und erklärt sich teils durch Beobachtungsfehler, teils durch kleine Wellen des Geoids zwischen den Lotabweichungsstationen.

Das Geoid zeigt ein allgemeines Ansteigen von N nach S im Verlauf des ganzen untersuchten Gebietes. Wir beschränken uns hier darauf, dies durch drei Parallelprofile zu zeigen.

Erhebungen N des Geoids.

Länge (v. Brocken)	−50'	−40'	−30'	−20'	−10'	0'	+10'	+20'	+30'	+40'	+50'
Breite											
52° 0'	2.46	2.50	2.61	2.70	2.65	2.56	2.58	2.65	2.70	2.79	2.83
51 45	3.19	3.28	3.57	3.83	4.11	4.27	3.99	3.73	3.61	3.60	3.62
51 30	4.06	4.08	4.12	4.20	4.23	4.39	4.32	4.23	4.39	4.57	4.59

Diese Tabelle gibt streng genommen die Werte $N^* + \vartheta$. Da jedoch dieselben auf 0.01 cm abgerundet sind und im allgemeinen die Unterschiede $N - N^* - \vartheta$ kleiner als 0.01 cm sind, so kann man die Tabellenwerte auch auf N beziehen.

Die eingehende Darstellung der Ergebnisse für die Lotabweichungen und Höhen durch Karten in dem geeigneten Maßstab von 1 : 250000 muß der von Hrn. Prof. Dr. Galle vorbereiteten umfassenden Abhandlung überlassen bleiben.

In derselben werden auch einige Ergebnisse von Berechnungen der Anziehung der Gebirgsmassen auf das Lot mitgeteilt werden. Hier sei nur noch auf folgendes hingewiesen:

Die bisherigen astronomisch-geodätischen Untersuchungen geben einen recht guten Überblick über den Verlauf der Lotabweichungen und der Höhen des Geoids über dem Referenzellipsoid; aus den Ergebnissen der Schweremessungen ergeben sich auch bemerkenswerte Aufschlüsse über die Massenverteilung, die mittels der Ergebnisse der astronomisch-geodätischen Arbeiten nur schwer zu erlangen sein würden[1]. Noch weniger genügen diese letzteren Arbeiten aber zur Erkenntnis des Verlaufs der Krümmungen des Geoids. Denn die Störungswerte, die man aus den Lotabweichungen oder den Höhen N ableiten kann, entsprechen nur dem mittleren Verlauf innerhalb Strecken von der Größe des Abstandes der astronomischen Nachbarstationen, also Linienelementen des Geoids von 10 km und mehr Ausdehnung.

[1] L. Haasemann, Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 66 Stationen im Harz (Veröffentlichung des Kgl. Preuß. Geod. Inst., N. F. Nr. 19).

Namentlich in der Querrichtung der Täler finden aber bekanntlich auf kurze Entfernungen starke Krümmungsänderungen statt, die durch astronomisch-geodätische Messungen nicht zu erfassen sind[1]. Dazu müßten Untersuchungen mit der Drehwage von Baron Roland Eötvös zugezogen werden, was sich wohl für einige besonders interessante Stellen empfehlen dürfte[2].

[1] F. R. Helmert, Theorien II, S. 302 u. f.

[2] Baron Roland Eötvös, Über Arbeiten mit der Drehwage, ausgeführt 1909 bis 1911 (Bericht an die 17. Allgemeine Konferenz der Internationalen Erdmessung). Budapest 1912, S. 14 u. f.

Ausgegeben am 12. Juni.

Berlin gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.
XXIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

---

12. Juni. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

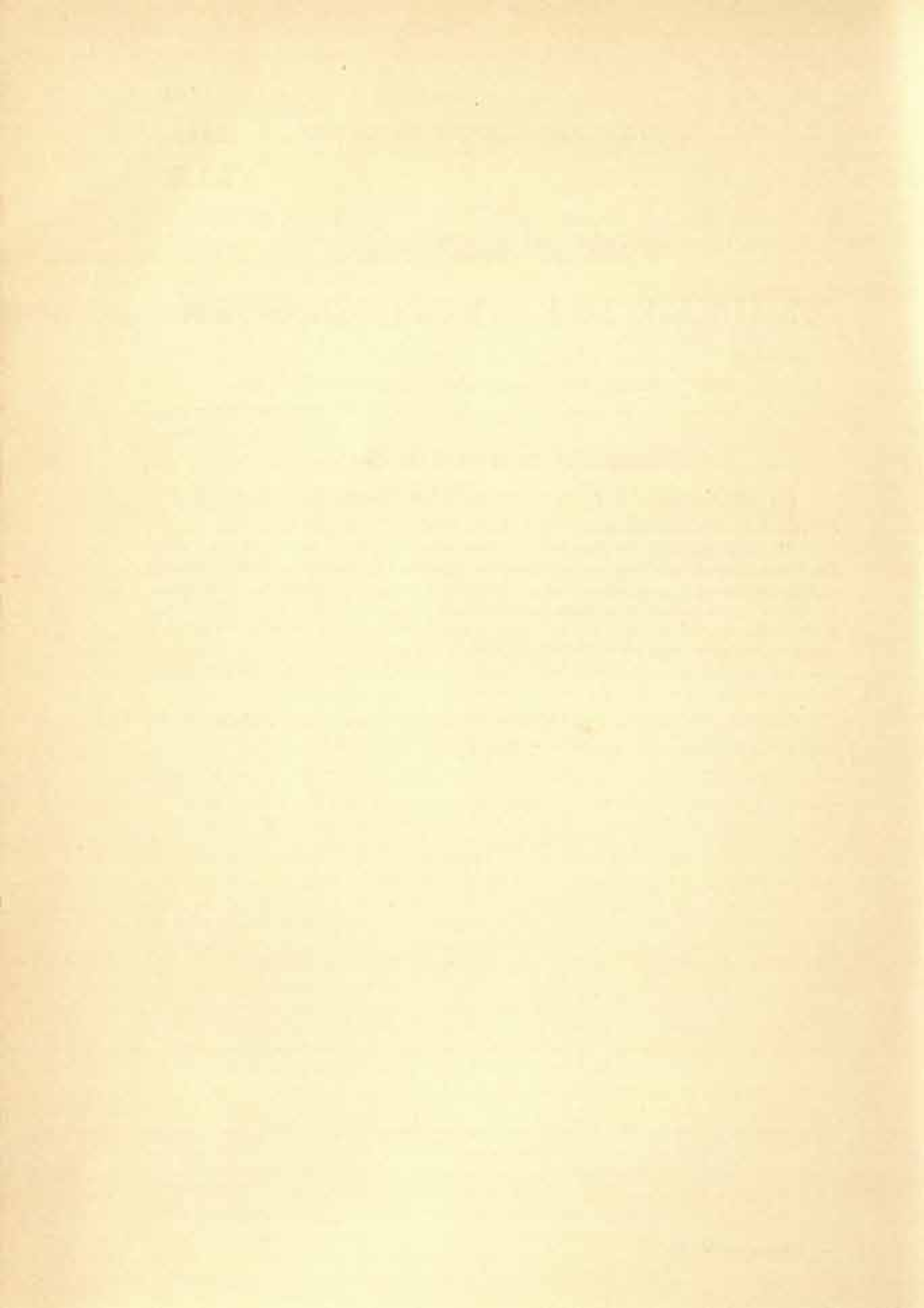
Vorsitzender Secretar: Hr. Diels.

*1. Hr. Burdach las: Der juristische Rahmen des altdeutschen Streitgesprächs »Der Ackermann aus Böhmen«.

Der Witwer, dem die Frau im Kindbett gestorben, klagt gegen den Tod auf Mord und Raub in der Form des altdeutschen peinlichen Processes mit Zetergeschrei, fordert Friedloslegung, ja allgemeinste, unlösliche Ächtung des Beklagten, stellt ihn, technische Rechtsausdrücke poetisch steigernd, hin als den von der ganzen Welt zu verfolgenden »schädlichen Mann« und glaubt wie ein öffentlicher Ankläger in einem Weltachtverfahren als »Ackermann«, d. h. als Adamssohn, die Sache der Menschheit, der Natur, Gottes zu führen wider den Erzfeind und Urzerstörer. — Ausserdem werden zwei einzelne schwierige Stellen erläutert.

2. Hr. Lüders überreichte das Werk L. Suali, Introduzione allo studio della Filosofia Indiana (Pavia 1913).

Ausgegeben am 26. Juni.



1913.
XXX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

12. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

Hr. Hertwig las: »Keimesschädigung durch chemische Eingriffe«.

In einer Reihe von Versuchen wurde nachgewiesen, dass die reifen Samenfäden von *Rana fusca* in ähnlicher Weise wie durch Radium- und Mesothoriumstrahlen auch durch verschiedene chemische Stoffe (z. B. Methylenblau, Chloralhydrat, Strychnium nitricum) in ihrer Constitution verändert werden können. Gesunde Eier, die mit derartig vorbehandelten Samenfäden befruchtet werden, liefern mehr oder minder pathologische und zum Theil schwer missgebildete Embryonen.

Keimesschädigung durch chemische Eingriffe.

Von Oscar Hertwig.

Fünfte Mitteilung.

Hierzu Taf. V.

In mehreren Mitteilungen[1] habe ich der Akademie schon von Versuchen berichtet, die beweisen, daß durch Bestrahlung mit Radium- oder Mesothoriumpräparaten tierische Samenfäden mehr oder minder stark in ihrer Konstitution verändert werden können. Die hervorgerufenen Veränderungen lassen sich zwar durch mikroskopische Untersuchung der Samenfäden, die beweglich und zur Befruchtung geeignet bleiben, in keiner Weise direkt erkennen; sie machen sich aber geltend, wenn normale Eier mit den bestrahlten Samenfäden befruchtet werden. Denn der Entwicklungsprozeß derselben bietet jetzt eine Reihe charakteristischer Störungen dar, deren Intensität in einem proportionalen Verhältnis zu den Veränderungen steht, welche die zur Befruchtung verwandten Samenfäden je nach der Dauer der Bestrahlung oder je nach der Stärke des angewandten Radiumpräparates erfahren haben[2].

Während der Beschäftigung mit diesen Untersuchungen drängte sich mir der wohl naheliegende Gedanke auf, ob nicht ähnliche Veränderungen in der Konstitution der Samenfäden, wie durch das physikalische Agens der Radiumstrahlung, auch durch chemische Eingriffe hervorgerufen werden können.

[1] Oscar Hertwig, Die Radiumstrahlung in ihrer Wirkung auf die Entwicklung tierischer Eier. Mitteilung vom 15. Juli 1909. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1910. XI. Derselbe, Neue Untersuchungen über die Wirkung der Radiumstrahlung auf die Entwicklung tierischer Eier. 28. Juli 1910. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1910. XXXIX. Derselbe, Mesothoriumversuche an tierischen Keimzellen, ein experimenteller Beweis für die Idioplasmanatur der Kernsubstanzen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1911.

[2] Oscar Hertwig, Die Radiumkrankheit tierischer Keimzellen. Beitrag zur experimentellen Zeugungs- und Vererbungslehre. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 77. Abt. II. 1911.

Schon in der vorjährigen Laichperiode von *Rana fusca* hatte ich zur Aufklärung dieser Frage einige orientierende Versuche vorgenommen, über deren Ergebnisse ich der Akademie in meiner vierten, in den Sitzungsberichten veröffentlichten Mitteilung Kenntnis gegeben habe[1]. Unter einer größeren Anzahl von Substanzen, die ich einer Prüfung unterwarf — ich nenne mehrere Anilinfarben, Arsenverbindungen wie Atoxyl, ferner Sublimat und verdünnte Lösungen von Äthyl- und Methylalkohol — hatte ich im Methylenblau einen geeigneten Stoff kennen gelernt, welcher in hochgradigen Verdünnungen den Erwartungen entsprach. Das chemische Agens, soll es sich für den Versuch brauchbar erweisen, muß nämlich folgende Bedingungen erfüllen. Auf der einen Seite darf es die Beweglichkeit oder Kontraktilität der Samenfäden für längere Zeit nicht schädigen. Dieselben müssen nach der vorgenommenen chemischen Behandlung noch so beweglich und kräftig geblieben sein, daß sie, um das Ei zu befruchten, die es umgebende dicke Gallerthülle durchdringen können, was etwa eine Stunde Zeit erfordert. Nicht selten sind die Samenfäden zwar noch beweglich, aber doch soweit geschwächt, daß sie nicht durch die Gallerte hindurchkommen und alle Eier unbefruchtet bleiben. Auf der anderen Seite muß aber das chemische Mittel die Substanz, welche auf die Entwicklung des Eies einen Einfluß ausübt, also das Idioplasma des Samenfadens oder das in seinem Kopfabschnitt enthaltene Chromatin in seiner Konstitution während der kurzen Zeit des Versuchs verändern. Beides läßt sich mit Methylenblau erreichen, wenn man mit passend verdünnten Lösungen desselben reife Samenfäden einige Zeit behandelt.

Ebenso günstige Ergebnisse habe ich in diesem Frühjahr erhalten, als ich während der Laichperiode von *Rana fusca* einige andere Substanzen auf ihre Brauchbarkeit für den vorliegenden Zweck prüfte. Obwohl ich infolge einer Erkrankung nur relativ wenige Experimente ausführen konnte, so lieferten dieselben doch Ergebnisse, aus denen wiederum auf das deutlichste hervorgeht, daß durch chemische Mittel sich ähnliche Veränderungen in den Samenfäden und in den durch sie befruchteten Eiern wie durch Bestrahlung mit Radium und Mesothorium hervorrufen lassen. Die besten Ergebnisse auf dem neubetretenen Wege erzielte ich bis jetzt mit Chloralhydrat und mit Strychninum nitricum.

Aus meinen Versuchsprotokollen teile ich das Wesentliche mit, soweit es sich auf die von außen wahrnehmbaren Formveränderungen

[1] Oscar Hertwig, Veränderung der idioplasmatischen Beschaffenheit der Samenfäden durch physikalische und durch chemische Eingriffe. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1912. XXXI.

der Embryonen bezieht. Die Untersuchung nach Zerlegung in Schnittserien wird erst im Laufe des Jahres vorgenommen werden können.

Das Chloralhydrat wurde in einer 0.3 prozentigen Lösung mit Zusatz von 0.25 Prozent Kochsalz verwandt. Es wurde noch bei Beginn des Versuchs auf die Hälfte verdünnt, indem 1 Teil der Stammlösung mit 1 Teil Samenflüssigkeit vermischt wurde. Die letztere wurde durch Zerzupfen des Froschhodens in 0.3 Prozent Kochsalzlösung hergestellt. Im Chloralgemisch sind die Samenfäden, wie die Untersuchung mikroskopischer Präparate lehrt, nach einer halben Stunde noch in lebhafter und kräftiger Bewegung und befruchten beim Versuch alle Eier. Nach 2 Stunden hat die Beweglichkeit etwas abgenommen; dies macht sich auch im Ausfall der Befruchtung bemerkbar, da im zweiten Versuch nur etwa die Hälfte der Eier sich entwickelte.

Bei längerem Verweilen in der Chloralhydratlösung werden die Samenfäden in immer größerer Zahl unbeweglich, ohne dabei ihre Form zu verändern und Ösen zu bilden, wie es beim Absterben in Wasser geschieht. Nach 5 Stunden ist die Bewegung ganz erloschen.

Mit dem Gemisch wurden 2 Portionen von 40 bis 50 Eiern, die eine nach 30 Minuten, die andere nach 2 Stunden, befruchtet, nachdem es zuvor mit 0.3 Prozent Kochsalzlösung stark verdünnt worden war. In der ersten Portion waren alle Eier, in der zweiten nur etwa die Hälfte von ihnen befruchtet. Im einen wie im andern Fall entwickelten sich nur pathologische Larven. Daß die erheblichen Störungen in der Entwicklung einzig und allein auf die beschriebene Vorbehandlung der Samenfäden mit 0.15 Prozent Chloralhydratlösung zurückzuführen sind, kann wohl nicht angezweifelt werden. Denn eine von demselben Weibchen entnommene dritte Portion Eier, die mit dem nicht vorbehandelten Samen des gleichen Hodens in einem Kontrollversuch gleichzeitig befruchtet worden war, entwickelte sich ohne Ausnahme zu vollständig normalen Embryonen.

Die in beiden Versuchen hervorgerufenen Entwicklungsstörungen können gemeinsam besprochen werden, da sie nur geringfügige Unterschiede voneinander darbieten. Sie beginnen sich nicht früher als am zweiten Tage nach der Befruchtung bemerkbar zu machen. Bis dahin läßt der Verlauf des Furchungsprozesses und das Studium der Keimblase keine Abweichungen beim Vergleich mit dem Kontrollversuch erkennen.

Wie bei den Radiumversuchen ist das kritische Stadium die Zeit, in der sich die Keimblase in die Becherlarve (Gastrula) umwandelt. Dann bietet schon der Verlauf der Gastrulation Abnormitäten dar, aus denen sich häufig mit großer Sicherheit das weitere Schicksal der einzelnen Eier im voraus beurteilen läßt.

In den Kontrolleiern ist nach Ablauf der Gastrulation der Urmund eine kaum sichtbare Öffnung, ausgefüllt vom Dotterpfropf, der aus hellgelben Dotterzellen zusammengesetzt, als kleiner heller Fleck auf der sonst gleichmäßig schwarzbraun pigmentierten Oberfläche der Gastrula wahrzunehmen ist. Dagegen ist er in allen Eiern des Chloralversuchs erheblich größer, was sich am besten an den verschiedenen Dimensionen des ihn ausfüllenden hellen Dotterpfropfs abschätzen läßt. Die am meisten abnorm entwickelten Eier, deren Zahl im halbstündigen Chloralversuch am größten ist, zeigen einen Befund, den ich in meinen Radiumexperimenten als Riesendotterpfropf bezeichnet habe. Derselbe nimmt etwa den dritten Teil der Eioberfläche oder noch etwas mehr ein und ragt als Hügel aus dem weitgeöffneten Urmundrand nach außen hervor; er bezeichnet in seiner Lage die spätere Rückengegend des Embryos. Bei den anderen Eiern, deren Entwicklung sich dann weiterhin auch etwas normaler gestaltet, ist der Dotterpfropf, und dementsprechend die Urmundöffnung kleiner, aber in keinem Falle so, wie es der Norm entspricht.

Am dritten Tage nach der Befruchtung treten die Unterschiede in der Entwicklung zwischen den Eiern der Kontrollkultur und der beiden Chloralversuche noch sehr viel schärfer zutage. Bei den ersteren hat sich die Nervenrinne schon zum Rückenmarksrohr geschlossen; am vorderen Ende des jetzt oval gewordenen Eies markiert sich das Kopfende als Höcker, an dessen Ventralseite die Haftnäpfe sich anzulegen beginnen. Im Chloralversuch dagegen ist die Nervenrinne noch offen; und außerdem ist in vielen Fällen auch ein großer heller Dotterpfropf an ihrem hinteren Ende zu sehen, eingefaßt auf beiden Seiten von den Endabschnitten der Medullarwülste. Derartige Befunde sind also als deutlich ausgeprägte Rückenspalten oder *Spinae bifidae* zu bezeichnen, wie die Untersuchung von Querschnittsserien bei anderen Gelegenheiten gelehrt hat. Bei einigen Eiern ist die gestörte Entwicklung auch daran zu erkennen, daß einzelne Dotterkörnchen sich vom Pfropf abgelöst haben und den perivitellinen Spaltraum trüben.

Von Tag zu Tag vergrößern sich von jetzt ab die Unterschiede zwischen den Eiern der Kontrolle und der Chloralversuche. Bei letzteren macht sich die Störung auch dadurch bemerkbar, daß einzelne der am meisten mißgebildeten Embryonen abzusterben beginnen. Am fünften Tage nach der Befruchtung schlüpfen die normalen Larven aus der Gallerthülle aus; sie sind imstande, Schwimmbewegungen auszuführen, besitzen schon einen längeren Ruderschwanz mit Flossensaum und an der Halsgegend zwei kurze Kiemenbüschel. Die Chloral-larven dagegen verlassen die Gallerte mit einer bald mehr, bald

minder beträchtlichen Verspätung, manche erst am folgenden Tage, oder sie müssen in einigen Fällen mit Nadeln aus der Gallerte herauspräpariert werden. Keine einzige von ihnen ist der Norm entsprechend entwickelt. Auch fällt sofort der erhebliche Größenunterschied auf, da die Chlorallarven nur zwei drittel oder halb so lang sind wie die Kontrolltiere. Die am meisten mißgebildeten unter ihnen sind weiterentwickelte *Spinae bifidae*. Nur in der Kopf- und Brustgegend haben sich bei ihnen Hirn und Rückenmark als Rohr angelegt, dagegen ist in der Lendengegend das Achsenskelett und das Nervenrohr in eine linke und rechte Hälfte durch einen Spalt getrennt, welcher einem offengebliebenen Rest des Urmundes entspricht und von dem Dotterpfropf ausgefüllt wird. Hinter dem Spalt hat die Mißbildung entweder ein einfaches Schwanzende entwickelt, oder was noch häufiger beobachtet wurde, es hat sich die Spaltbildung auch auf die Schwanzanlage ausgedehnt und zur Entstehung doppelter Schwänze geführt (Taf. V, Fig. 1 A u. B). Meist sind bei diesen *Spinae bifidae* die Schwanzenden, mögen sie einfach oder verdoppelt sein, unter rechtem Winkel umgebogen und über die Rückengegend nach oben gerichtet. In seltenen Fällen wurde bei ihnen auch noch Anencephalie beobachtet. Sie ist dadurch entstanden, daß auch die Hirnplatte sich nicht zur Blase geschlossen hatte und so in der normalen Weiterentwicklung verhindert worden war. Von der offengebliebenen Stelle aus beginnt dann auch bald ein Zerfall des direkt vom Wasser umspülten Nervengewebes einzutreten.

Daß die Larven mit *Spina bifida* mit einfachem oder verdoppeltem Schwanz sich aus den früher beschriebenen Eiern mit Riesendotterpfropf entwickelt haben, ist durch tägliche Beobachtung der Kulturen unschwer festzustellen. Sie wurden behufs weiterer Untersuchung auf Schnitten teils am vierten, teils am sechsten Tag nach der Befruchtung in konservierende Flüssigkeiten eingelegt.

Was die übrigen Eier des Chloralversuchs betrifft, welche einen normaleren Verlauf der Gastrulation und nur eine etwas verspätete Urmundbildung gezeigt hatten, so entwickelten sie sich in der Folgezeit zwar auch weiter zu regelmäßiger gebildeten Larven, als die *Spinae bifidae* sind. Sie hatten, soweit sie nicht zur Konservierung verwandt wurden, ein Alter von 12 Tagen erreicht, als der Versuch wegen meiner Abreise abgebrochen werden mußte. Trotzdem besteht zwischen ihnen (Taf. V, Fig. 2 A) und den Kontrolltieren (B) auf jedem Stadium ihrer Entwicklung ein auffälliger und großer Kontrast. Wie die Gastrulation, erfolgt auch die Umwandlung der Nervenrinne zum Rohr etwas verspätet, die Kiemen sprossen später hervor, der Schwanz bleibt kürzer. Was aber noch wichtiger ist, es handelt sich bei ihnen nicht nur um

eine etwas verlangsamte, sondern auch um eine abnorm zwerghafte Entwicklung. Auch am zehnten und zwölften Tag nach der Befruchtung sind die Larven nur zwei Drittel, zuweilen nur halb so groß als die Kontrolltiere. Sie gleichen außerordentlich den Radiumlarven, welche bei maximaler Bestrahlung der Samenfäden gezüchtet wurden und aus früher dargelegten Gründen sich nach Ausschaltung des Samenkerns auf parthenogenetischer Basis entwickelt haben müssen. Auch darin stimmen sie mit ihnen überein, daß sie nach ihrem Ausschlüpfen aus der Gallerte meist bewegungslos auf dem Boden des Zuchtgefäßes liegen bleiben. Nur bei Berührung mit der Nadel zucken sie schwach zusammen. Auch am zwölften Tage, als der Versuch abgebrochen wurde, beharrten sie noch in diesem lethargischen Zustand, während die Kontrolltiere als Kaulquappen sehr lebhaft im Wasser herumschwammen.

In einem Punkt besteht ein auffälliger Unterschied im Vergleich mit den entsprechenden Radiumlarven. Bei diesen stellt sich frühzeitig Bauchwassersucht ein und erreicht gewöhnlich einen so hohen Grad, daß der Leib ballonartig aufgetrieben und die Bauchwand zu einer dünnen, durchsichtigen Membran verdünnt ist. Hier dagegen ist eine solche mit Ausnahme von 2 Tieren nicht aufgetreten. Der Rumpf und das kurze Schwanzende gehen infolgedessen mehr allmählich ineinander über. Um so auffälliger ist ihre Unfähigkeit, sich durch Schwimmen auch nur kurze Zeit im Wasser fortzubewegen.

Trotz ihres Zwergenwuchses haben am zwölften Tag nach der Befruchtung die Chlorallarven (Taf. V, Fig. 3 A u. B) alle Organe, welche zu dieser Zeit die Kontrolltiere (C) besitzen, ausgebildet. Bei Betrachtung der Oberfläche erkennt man am Kopf die von den Kieferwülsten umgebene Mundöffnung, die weit vorspringenden Haftnäpfe, die Augen mit der Linse, die Kiemenbüschel, die jetzt von Hautfalten überwachsen worden sind. Daß an den einzelnen Organen noch manche Störungen vorhanden sein werden, ist nach früheren Erfahrungen zu erwarten; von außen aber sind sie nicht wahrzunehmen; sie werden erst an Schnittpräparaten, die auch später noch angefertigt werden sollen, nachgewiesen werden können.

Die zweite Substanz, mit welcher ich die Samenfäden behandelte und dadurch die Entwicklung der mit ihnen befruchteten Eier abändern konnte, ist Strychninum nitricum. Es wurde eine 0.25 prozentige Lösung verwandt, die noch einen Zusatz von 0.15 Prozent Kochsalz enthielt. 3 Versuchsreihen A, B und C wurden ausgeführt. In der Serie A waren die Samenfäden nach $2\frac{1}{4}$ Stunden noch sehr lebhaft beweglich. Nach 5 Stunden war die Bewegung fast vollständig zum Stillstand gekommen. In einem zweiten, später wiederholten Versuch B

blieb sie dagegen länger erhalten; denn noch nach 24 Stunden konnten in der Mischung, die in demselben Verhältnis wie oben angefertigt war, bewegliche Samenfäden, wenn auch in sehr geringer Zahl, im Gesichtsfeld des mikroskopischen Präparates beobachtet werden, während die Mehrzahl allerdings abgestorben war. Das günstigere Resultat in diesem Fall möchte ich darauf zurückführen, daß der verwandte Samenbrei wohl konzentrierter als das erstemal war, ein Faktor, der sich schwer gleichmäßig herstellen läßt. In einem dritten Versuch C war die Stammlösung des Strychnins mit der dreifachen Menge 0.3 prozentiger Kochsalzlösung verdünnt worden. Jetzt zeigte der mit ihr behandelte und in der feuchten Kammer in einem Uhrschälchen aufgehobene Samen noch nach 24 Stunden recht lebhafte Bewegung. Sogar nach 2 Tagen ließen sich einzelne Samenfäden nachweisen, die sich in der Flüssigkeit durch Geißelschlag fortbewegten.

In der Versuchsreihe A nahmen die mit dem Strychninsamen befruchteten Eier eine sehr pathologische Entwicklung, die noch mehr als in dem Chloralexperiment gestört war. Eine Portion der Eier wurde mit Samenfäden befruchtet, die 35 Minuten, eine andere, die 2 Stunden 15 Minuten mit der Strychninlösung vorbehandelt worden waren. In beiden Fällen blieb die Entwicklung bei einigen Eiern schon auf dem Keimblasenstadium oder im ersten Stadium der Gastrulation stehen. Bei der Mehrzahl der Objekte bildeten sich wieder am Ende des zweiten Tages nach der Befruchtung die früher erwähnten Riesendotterpfröpfe mit Ausstoßung von Dotterkörnchen in den perivitellinen Spaltraum. Nur in der Eiportion, die mit dem kürzere Zeit behandelten Samen befruchtet worden war, zeigten wenige Eier einen etwas engeren Urmund. Am dritten Tag hatten sich die meisten Objekte nicht über das Gastrulastadium hinaus weiterentwickelt; bei ihnen machten sich neben dem Fortbestand des Riesendotterpfropfs deutliche Zerfallserscheinungen durch stärkere Trübung des perivitellinen Raumes durch abgestoßene Dotterzellen bemerkbar. Eine kleinere Zahl der Eier bot das Bild der frühzeitigen *Spina bifida* dar, indem sich vor dem Dotterpfropf eine Hirnplatte und zu seinen beiden Seiten halbe Medullarplatten angelegt hatten. Am vierten Tag traten die Zerfallserscheinungen noch mehr in den Vordergrund, namentlich bei der Eiportion, deren Samenfäden 2 Stunden lang der Strychninwirkung ausgesetzt gewesen waren. Diese bestand jetzt außer Embryonen, die in Zerfall begriffen waren, aus stark mißgebildeten *Spinae bifidae*. Der Versuch wurde daher beendet, indem alles Material zu weiterer Untersuchung eingelegt wurde.

Nicht viel besser war der Befund bei der andern Portion des Versuchs A. Alle Embryonen waren mit Ausnahme von zweien miß-

gebildet, meistens *Spinae bifidae*. Am vierten und fünften Tag begannen viele von ihnen abzusterben und zu zerfallen. Nur zwei relativ normal entwickelte Larven kamen zum Ausschlüpfen, und auch von ihnen starb die eine alsbald ab. Daher wurde auch der Versuch A am fünften Tag abgeschlossen. Sein Ergebnis war ein sehr gleichartiges. Von 80 Eiern, bei denen die zur Befruchtung benutzten Samenfäden in der angegebenen Weise mit einer Strychninlösung vorbehandelt worden waren, schlugen nur zwei eine relativ normale Entwicklungsrichtung ein, manche starben auf dem Stadium der Keimblase oder während der Gastrulation ab, die meisten entwickelten sich zu *Spinae bifidae* mit früh auftretenden Anzeichen des Zerfalls.

In der zweiten Versuchsserie B, die einige Tage später mit derselben Konzentration der Strychninlösung ausgeführt wurde, nahm die Entwicklung einen etwas besseren Verlauf. Zwar bildete sich auch hier eine größere Zahl von Becherlarven mit sehr großem Dotterpfropf; es entstanden mehrere *Spinae bifidae*, andere waren in der Entwicklung zurück, indem sie noch offene Nervenrinnen zeigten, während bei den Kontrolltieren der Verschluß schon einige Zeit früher erfolgt war, andere starben in den Gallerthüllen ab; die meisten Eier aber lieferten mehr oder weniger normal gebildete Larven, die am vierten Tag von selbst ausschlüpften. Den besseren Ausfall dieses Parallelversuchs glaube ich, wie schon früher hervorgehoben wurde, darauf zurückführen zu müssen, daß der zur Strychninlösung zugesetze Samenbrei eine stärkere Konzentration hatte, und daß infolgedessen die Samenfäden durch Strychnin weniger geschädigt wurden. Letzteres muß ja auch schon daraus geschlossen werden, daß in diesem Fall die Bewegung des Samens sich noch nach 24 Stunden erhalten hatte, während sie in der Versuchsserie A bereits nach 5 Stunden so gut wie ganz erloschen war.

Die dritte Versuchsreihe endlich ergab ein fast normales Resultat. Es waren hier die Samenfäden mit einer viel schwächeren Strychninlösung vorbehandelt worden. Denn anstatt mit einem Teil, war sie mit 3 Teilen 0.3 prozentiger Kochsalzlösung verdünnt worden. Die Gastrulation nahm einen normalen oder bei einem Teil der Eier einen der Norm sich nähernden Verlauf. Es entwickelten sich daher auch nur vereinzelte *Spinae bifidae*. Die meisten Larven schlüpften zu gleicher Zeit mit den Kontrolltieren aus den Gallerthüllen aus und begannen später auch ebenso lebhaft wie diese im Wasser herumzuschwimmen. Im ganzen fiel der Prozentsatz der anomalen Larven, als am achten Tag der Versuch beendet wurde, im Verhältnis zu den beiden anderen Serien sehr gering aus.

Bei dem weiten Umfang des Gebietes, welches die Frage nach der Beeinflussung und Veränderung der Samenfäden durch chemische Agentien in Anbetracht ihrer großen Mannigfaltigkeit darstellt, ist die Anzahl der von mir bis jetzt ausgeführten Versuche eine sehr geringe. Aber auch so läßt sich aus ihnen bereits das sichere und nicht unwichtige Ergebnis ziehen, daß sich in ähnlicher Weise wie durch Radium- und Mesothoriumstrahlen auch auf chemischem Wege die Konstitution der Samenfäden, und zwar der Zustand ihres Idioplasmas in pathologischer Richtung verändern läßt. Man kann daher recht wohl von einer chemischen Keimesschädigung in ähnlicher Weise wie von einer Radiumkrankheit tierischer Keimzellen reden. Da nun der Samenfaden eine dem Ei gleichwertige Komponente im Prozeß der geschlechtlichen Zeugung ist, gestaltet sich auch die Entwicklung des mit einem chemisch geschädigten Samenfaden befruchteten Eies zu einer mehr oder weniger pathologischen. Auch hierbei ergeben sich vielfache Beziehungen zu den Radiumexperimenten.

In mancher Hinsicht muß es auffällig erscheinen, daß die abnormen Entwicklungsvorgänge des Eies, wie Störung der Gastrulation und Bildung eines Riesendotterpfropfs, *Spina bifida*, Verdopplung des Schwanzes, Anenzephalie, Lähmungserscheinungen, Zwergwuchs usw., in gleicher Weise wiederkehren, gleichgültig, ob die Veränderung der Samenfäden durch Radiumstrahlen oder durch chemische Eingriffe dieser oder jener Art herbeigeführt worden ist. Wer indessen aus vielfacher Erfahrung mit der Eigenart biologischer Experimente vertraut ist, wird hierin nichts Überraschendes erblicken; er wird vielmehr in dem gleichartigen Ausfall nur eine neue Bestätigung des Satzes finden, daß die auf physikalische oder chemische Eingriffe erfolgende Reaktion nicht durch die Natur der angewandten Mittel, sondern durch die Eigenart der organisierten Substanz, also hier der Samenfäden und der Eizellen, bestimmt wird. Wie der Gang eines Uhrwerks auf sehr verschiedenartige störende Eingriffe in gleichartiger Weise durch verlangsamten Gang oder Stillstand des Zeigers reagieren kann, so tut es der Organismus in noch viel höherem Grade. Gegenüber dem komplizierten Bau des Organismus tritt die Art des Eingriffs ganz in den Hintergrund. Dieselben Störungen sind in der verschiedensten Weise zu erzielen. Als Beweis hierfür führe ich zwei interessante experimentelle Ergebnisse aus zwei verschiedenen Gebieten an.

Das eine Beispiel betrifft die bekannten Versuche des amerikanischen Biologen Tower an *Leptinotarsa decimlineata*. Indem Tower seine Versuchsobjekte auf bestimmten Stadien ihrer Entwicklung stark abgeänderten Kulturbedingungen aussetzte, rief er charakteristische Veränderungen in der Färbung des Pigments, namentlich albinotische und mela-

notische Varietäten, hervor. Unter bestimmten Bedingungen wurden diese Veränderungen auch auf die Nachkommenschaft durch Beeinflussung der Keimzellen übertragen. Hierbei stellte sich heraus, daß Tower dieselben Aberrationen durch sehr verschiedenartige Eingriffe, durch übermäßige Temperatur oder durch langdauernde Abkühlung unter Null, aber auch durch Zucht in feuchter Umgebung erzielen konnte. Das gleiche Resultat hat sich in den bekannten Schmetterlingsexperimenten von Standfuss, Fischer u. a. ergeben. Die gleichen Aberrationen in der Hautfärbung der Imago konnten sowohl durch Einwirkung von Hitze als auch von Frost auf das Puppenstadium, ferner durch Zentrifugieren der Puppen oder durch Behandlung derselben mit Ätherdämpfen, also durch thermische oder mechanische oder chemische Eingriffe, in gleicher Weise erhalten werden.

Als zweites Beispiel erwähne ich die experimentelle Anregung der Eier wirbelloser Tiere zu parthenogenetischer Entwicklung. Man kann hierzu chemische Mittel anwenden. Bekannt sind die Versuche Loebs an Echinodermeneiern, welche ihn zu der falschen Deutung verleiteten, daß er für die Vorgänge der Befruchtung eine chemische Erklärung glaubte geben zu können. Indessen handelt es sich auch in diesem Beispiel nur um eine Reizwirkung, welche sich in gleicher Weise wie durch die verschiedensten chemischen Stoffe, auch durch ganz anders geartete Mittel mit demselben Erfolg ausüben läßt. Die Entwicklung der Echinodermeneier ohne Zusatz von Samen tritt auch ein infolge von Schütteln derselben in einem Röhrchen mit Seewasser, oder durch eine plötzliche stärkere Erniedrigung oder Erhöhung der Temperatur, endlich noch durch manche andere, etwas kompliziertere Eingriffe. Bei Amphibieneiern hat Bataillon sogar Entwicklung ohne Befruchtung durch Samen dadurch hervorrufen können, daß er eine geringfügige Verletzung durch Anstich mit einer äußerst feinen Glas- oder Platinnadel machte.

Also auch in diesem zweiten Beispiel läßt sich auf mechanischen oder thermischen oder manchen andern Wegen genau dasselbe Resultat wie durch chemische Reizmittel erreichen. Derartige Beispiele aber lassen sich aus der biologischen Literatur noch in großer Zahl zusammenstellen. Es hat daher nicht nur nichts Auffälliges, sondern es war wohl eher von vornherein zu erwarten, daß die Beeinflussung der Samenfäden durch Radiumstrahlen oder durch chemische Substanzen parallele Veränderungen in der Entwicklung der durch sie befruchteten Eier ergeben würde.

Dagegen bestehen in der Ausführung und in der Bedeutung der beiderlei Arten von Experimenten Verschiedenheiten, die mir noch zu einigen Bemerkungen Anlaß geben. Die Methode der Bestrahlung

der Keimzellen mit Radium- und Mesothoriumpräparaten hat den Vorteil der größeren Sicherheit in der Wirkung. Die β- und γ-Strahlen durchdringen den vor Verdunstung geschützten Samentropfen wohl in allen Richtungen ziemlich gleichmäßig und wirken ebenso gleichmäßig auf die Samenfäden ein, da diese besondere Schutzeinrichtungen gegen die Strahlung kaum besitzen werden.

Ein zweiter Vorteil besteht in der Möglichkeit, die Strahlenwirkung ziemlich genau abzustufen, sei es, daß man verschieden starke Präparate oder dasselbe Präparat in verschiedener Zeitdauer verwendet. Der Experimentator kann dementsprechend die Samenfäden bald weniger, bald mehr durch Bestrahlung beeinflussen und verändern. Dies muß sich dann wieder in einem verschieden stark gestörten Ablauf des Entwicklungsprozesses bemerkbar machen. Auf Grund zahlreicher Experimente war ich so in den Stand gesetzt, ihre Ergebnisse in Gestalt einer Kurve mit abfallendem und aufsteigendem Schenkel zu veranschaulichen.

Derartig sichere Resultate scheinen sich mir nach den bis jetzt von mir gesammelten Beobachtungen, die ich allerdings als noch nicht abgeschlossen bezeichnen muß, durch die chemischen Eingriffe nicht erreichen zu lassen. Die von mir mit den verschiedenen Stoffen angestellten Experimente fielen in ihren Ergebnissen viel weniger gleichartig aus. Samenfäden, die einzeln in der chemischen Lösung herumschwimmen, müssen, wie sich erwarten läßt, stärker affiziert werden, als solche, die in einem dichten Haufen zusammenliegen, in dessen Mitte die schädigende Substanz schwerer und nur in größerer Verdünnung eindringt. Ferner zeigte sich viel weniger eine gleichmäßige Steigerung der Wirkung, wenn die Samenfäden nach verschiedenen Zeiten aus der chemischen Lösung genommen und zur Befruchtung von einzelnen Eiportionen verwandt wurden, wie dies in den Radiumexperimenten der Fall war. Bei diesen wird ja auch mit jedem neuen Zeitintervall neue strahlende Energie dem Samentropfen von der aufgelegten Kapsel zugeführt; die chemische Lösung aber bleibt in der ganzen Zeit, während deren sich die Samenfäden in ihr befinden, ein und dieselbe; zum Teil wird sie sogar abgeschwächt werden, indem das chemische Reagens durch die beim Zerzupfen des Hodens mit hineingeratenen Gewebsteile und organischen Flüssigkeiten absorbiert und gebunden wird.

Noch mehr aber scheint mir der ungleiche Ausfall der Experimente durch ein Moment bestimmt zu werden, welches zwar hypothetischer Natur, aber wahrscheinlich das wichtigste ist. Es muß als sehr wahrscheinlich bezeichnet werden, daß bei den Samenfäden das Chromatin ihres Kopfabschnittes, die Substanz, auf deren Beein-

flussung der Ausfall des Experiments abhängt, durch irgendeine Schutzvorrichtung, entweder durch eine weniger durchlässige, besondere Rindensubstanz oder durch eine Lipoidhülle, wie viele Physiologen für manche Zellen annehmen, gegen chemische Veränderungen ihrer Umgebung geschützt sein muß. Dieser Schutz wird nicht nur bei verschiedenen Tierarten wahrscheinlich ein sehr ungleicher sein, sondern auch bei Vertretern derselben Spezies oder bei Samenfäden aus derselben Keimdrüse Variationen darbieten können. Es ist bekannt, wie bei den Tieren, die ihre Geschlechtsprodukte direkt in das Wasser entleeren, die Resistenz der Samenfäden gegen dasselbe außerordentlich schwankt. Während bei Süßwasserfischen, wie der Forelle, die Samenfäden bei ihrer Entleerung in das Wasser schon innerhalb einer Minute absterben, sind sie bei *Rana fusca* noch nach einer halben Stunde zum Teil gut beweglich. Letztere müssen daher ohne Frage gegen den Wechsel des umgebenden Mediums, nämlich der Körperflüssigkeit gegen Wasser, eine viel bessere Schutzvorrichtung als bei den Forellen besitzen. Auch gegen die zu den Versuchen angewandten chemischen Lösungen verhalten sich nicht alle Samenfäden des Frosches gleichartig. Während bei Anfertigung eines Deckglaspräparates ein Teil schon bewegungslos geworden und abgestorben ist, befindet sich ein anderer Teil noch längere Zeit in lebhafter Bewegung; er nimmt allmählich an Zahl ab, es werden nach einiger Zeit nur vereinzelte, schließlich gar keine Samenfäden mehr in Bewegung angetroffen. Wenn meine Annahme richtig ist, so kann der im Vergleich zu den Radiumexperimenten mehr schwankende Ausfall der chemischen Versuche nicht in Erstaunen setzen. Denn je nach dem Besitz besserer oder mangelhafterer Schutzvorrichtungen werden die Samenfäden weniger oder stärker verändert werden und ihre Schädigung in den durch sie befruchteten Eiern zur Geltung bringen.

In seinen chemotherapeutischen Untersuchungen hat Ehrlich[1] ein verschiedenes Verhalten gegenüber chemischen Heilmitteln auch bei niedersten, mit einem Geißelanhang ausgestatteten einzelligen Organismen, den Trypanosomen, beobachtet. Während die Mehrzahl dieser parasitischen Krankheitserreger durch Fuchsin, Trypanrot oder durch kompliziert gebaute Arsenverbindungen, Atoxyl, Salvarsan und ihre Derivate, wenn sie subkutan dem Körper einverleibt werden, gewöhnlich abstirbt, kann in manchen Fällen ein Rest von ihnen überleben bleiben, sich bald wieder vermehren und ein Rezidiv der Krankheit hervorrufen. Nicht selten läßt sich dann beobachten, daß der bei

[1] P. Ehrlich, Beiträge zur experimentellen Pathologie und Chemotherapie, Leipzig 1909 und in anderen Schriften.

Beginn der Kur erfolgreiche Eingriff bei abermaliger Wiederholung der Injektion des Heilmittels überhaupt keine Wirkung mehr ausübt. Wenn derartige Trypanosomen auf ein anderes gesundes Tier übertragen werden, in ihm sich vermehren und es krank machen, so versagt auch in diesen Fällen das sonst bewährte Heilmittel und ebenso bei jeder neuen Übertragung auf ein anderes Versuchstier. Ehrlich glaubt diese Erscheinung in der Weise erklären zu können, daß die Trypanosomen durch wiederholte Behandlung mit Fuchsin, Trypan oder geeigneten Arsenpräparaten ihre Konstitution etwas verändert und, wie man sich ausdrückt, eine Immunität, die dann sogar erblich geworden ist, gegen das Heilmittel erworben haben. Er nennt daher derartige, gewissermaßen durch Zucht erhaltene Trypanosomenstämme fuchsin- trypan- oder arsenfest gewordene.

In der vierten Auflage meiner Allgemeinen Biologie[1] habe ich die von Ehrlich gegebene Deutung seiner Experimente auch angenommen und in ihnen einen Beweis für die Vererbung einer neuerworbenen Eigenschaft, in unseren Fällen der veränderten Widerstandskraft gegen Fuchsin-, Trypan- oder Arsenlösungen erblickt.

Ehrlichs Experimente lassen aber auch noch eine andere Deutung zu, in der Weise, wie ich sie für das ungleiche Verhalten der Samenfäden gegenüber chemischen Eingriffen in dieser Abhandlung gegeben habe. Auch gegenüber den Heilversuchen mit Fuchsin, Trypan und Salvarsan kann das verschiedene Verhalten der Trypanosomen einfach darauf beruhen, daß sie in verschiedener Weise, wie ich es für die Samenfäden auseinandergesetzt habe, gegen den chemischen Eingriff geschützt sind. Es würden daher bei dem Heilversuch die überlebenden Trypanosomen nicht durch das angewandte Mittel fest gegen dasselbe gemacht worden, sondern am Leben geblieben sein, weil sie von Haus aus in ihrer etwas abweichenden Organisation einen größeren Schutz besaßen. Es würde also durch die Fuchsin-, Trypan- und Arsenbehandlung nur eine Selektion einer gegen dieses Heilmittel besser geschützten Modifikation vorliegen. Eine durch besondere Experimente herbeizuführende Entscheidung, welche von diesen beiden Erklärungen die zutreffendere ist, scheint mir nicht leicht zu sein. Ich halte die zweite Erklärung, welche eine von vornherein bestehende Verschiedenheit in der Konstitution der Trypanosomen annimmt, für die einfachere. Sie stimmt mit der für das verschiedene Verhalten der Samenfäden gegebenen Erklärung überein.

Ich schließe mit einem kurzen Hinweis auf das allgemeinere Interesse, welches Experimente wie die mitgeteilten, auch für manche Fra-

---

[1] Oscar Hertwig, Allgemeine Biologie, 4. Aufl., Jena 1912, S. 687—89.

gen der menschlichen Entwicklung wohl beanspruchen dürfen. Wie bekannt, nehmen auch beim Menschen befruchtete Eier nicht selten eine gestörte Entwicklung. Sie sterben dann entweder schon in den ersten Wochen ab und werden als Fehlgeburten ausgestoßen, oder sie liefern schon weiterentwickelte verschiedenartige Mißgeburten, Monstra, welche einen Bestandteil anatomisch-pathologischer Sammlungen bilden. Beim Menschen läßt sich die Frage, auf welche Ursachen derartige abnorme Produkte der Entwicklung zurückzuführen sind, auf experimentellem Wege nicht aufklären. Wohl aber lassen sich durch ausgedehnte Tierversuche die Wege feststellen, auf denen in der Natur die Entstehung von Mißbildungen zustande kommen kann. Schon liegen solche Versuche in der Literatur in nicht geringer Anzahl vor, aus der Klasse der Fische, der Amphibien, Vögel und Säugetiere. Sie lehren, daß Störungen der Entwicklung des Eies aus chemischen Ursachen wohl die häufigsten sind. Je nach der Zeit ihrer Einwirkung lassen sich 3 Gruppen aufstellen. Erstens kann die chemische Störung nach der Befruchtung des Eies auf einem früheren oder späteren Entwicklungsstadium, z. B. während des Furchungsprozesses oder während der Bildung der Keimblätter oder der ersten Anlage der Achsenorgane erfolgen. Wenn befruchtete Eier vom Frosch oder Axolotl den Furchungsprozeß anstatt in reinem Flußwasser in solchem durchlaufen, welchem nur 0.6 Prozent Kochsalz zugesetzt ist, so entwickeln sich alle Embryonen mit starker Schädigung des Zentralnervensystems, mit Anenzephalie und Hemikranie, Mißbildungen, über welche ich vor 18 Jahren der Akademie eine Mitteilung gemacht habe[1]. Fischlarven mit Zyklopenauge wurden von dem amerikanischen Forscher Stockhard[2] durch Zusatz von Magnesiumchlorid zum Meerwasser künstlich hervorgerufen. Über experimentell mißgebildete Hühnerembryonen liegen die umfassenden Untersuchungen von Dareste u. a. vor. Dies sind nur wenige Hinweise auf die ältere Literatur.

Eine zweite und eine dritte Gruppe umfaßt die Mißbildungen, welche auf chemische Schädigung entweder der Eier oder der Samenfäden in der Zeit vor dem Zusammentreffen beim Befruchtungsakt zurückzuführen sind. In diesen beiden Fällen setzt sich das befruchtete Ei aus zwei ungleichartigen Komponenten zusammen, zum Teil aus

[1] Oscar Hertwig, Beiträge zur experimentellen Morphologie und Entwicklungsgeschichte. Die Entwicklung des Froscheies unter dem Einfluß schwächerer und stärkerer Kochsalzlösung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLIV, 1895. Derselbe, Experimentelle Erzeugung tierischer Mißbildungen. Festschrift für K. Gegenbaur. Leipzig 1896.

[2] Ch. R. Stockhard, The artificial production of a single median Cyclopean eye in the fish embryo by means of sea-water solutians of Magnesium-Chlorid. Arch. f. Entwicklungsmech. 1907. Bd. XXIII.

einem normalen, zum Teil aus einem geschädigten Idioplasma. Entweder kann das kranke Ei von einem gesunden Samenfaden oder umgekehrt ein gesundes Ei von einem kranken Samenfaden befruchtet werden. Von dem Zusammenwirken beider Komponenten muß dann der Ausfall der gestörten Entwicklung bestimmt werden. Hier ist Gelegenheit gegeben, durch zytologische Untersuchungen der Kernverhältnisse noch manchen tiefern Einblick in diese Art von Entwicklungsstörungen zu gewinnen.

Wie ich bei verschiedenen Gelegenheiten und an mehreren Tierarten im Zeitraum von 40 Jahren habe nachweisen können, sind die Eier die empfindlicheren Keimzellen. Sie können durch alle möglichen Eingriffe, durch chemische, mechanische und thermische, leicht geschädigt werden. Bei der Befruchtung läßt sich die veränderte, nicht mehr normale Konstitution der Eizelle daran erkennen, daß anstatt eines Samenfadens, wie normalerweise, deren mehrere in den Dotter dringen und Erscheinungen veranlassen, die als Überfruchtung oder Polyspermie[1] bekannt sind. Die Folge derselben ist eine von Anfang an gestörte Entwicklung des Eies, die meist zu einem frühzeitigen Absterben führt. Eine Schwächung des Eies tritt aber auch schon dann ein, wenn es nach Beendigung der Reifeprozesse, also nach der Bildung der Polzellen und des Eikerns, nicht rechtzeitig befruchtet wird. Es entsteht dann ein Zustand, der als Überreife bezeichnet wird und allmählich zum vollständigen Absterben führt. Durch Befruchtung von überreifen Eiern mit gesundem Samen kann man bei Amphibien zahlreiche Mißbildungen niederen und höheren Grades erhalten, die mir bei einer früheren Gelegenheit in großer Zahl vorgelegen und so einen Einblick in die Entstehung der *Spina bifida*[2] gegeben haben.

Viel schwieriger als bei Eiern ist eine Schädigung durch chemische Eingriffe bei Samenfäden herbeizuführen. Hauptsächlich liegt dies wohl mit daran, daß, ehe eine Beeinflussung des Idioplasmas eintritt, schon die Geißelbewegung leidet. Entweder wird sie abgeschwächt oder ganz zum Stillstand gebracht, so daß eine Befruchtung des Eies aus diesem lediglich mechanischen Hindernis nicht mehr möglich ist. Auf die wissenschaftliche Untersuchung der Frage, wie krankhafte Keimzellen auf den Entwicklungsverlauf einwirken, hat die Schädigung der Samenfäden vor derjenigen der Eier einen großen Vorzug. Denn während im letzteren Fall meist Überfruchtung mit ihren schon an sich nachteiligen Folgen eintritt, erfolgt bei Schädigung der Samen-

[1] O. u. R. Hertwig, Über den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien. Jena 1887.

[2] Oscar Hertwig, Urmund und *Spina bifida*. Eine vergleichend morphologische teratologische Studie an mißgebildeten Froscheiern. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 39. 1892.

fäden die Befruchtung der gesunden Eier in normaler Weise, also monosperm. Daher ist hier die später hervortretende Störung im Entwicklungsverlauf einzig und allein durch die unendlich kleine Quantität der kranken Substanz des eingedrungenen Samenfadens verursacht worden.

A priori ist auch für den Menschen die Möglichkeit gegeben, daß eine gestörte Entwicklung des Eies aus den drei erwähnten Ursachen entstehen kann: erstens aus chemischer Schädigung des Eies auf frühen Entwicklungsstadien nach der Befruchtung, zweitens aus Schädigung des Eies allein oder drittens des Samenfadens allein im Zeitraum vor der Befruchtung.

Da Experimente ausgeschlossen sind, läßt sich die Frage für den Menschen nur nach den Beobachtungen und Krankengeschichten beurteilen, die in der medizinischen Literatur vorliegen. Dieselben sind aber aus leicht verständlichen Gründen weit davon entfernt, einen Ersatz für planmäßig angestellte wissenschaftliche Experimente zu bieten. Sie können daher nur mit Vorsicht und strenger Kritik benutzt werden.

Am häufigsten wird der Mißbrauch des Alkohols als Ursache für Keimesschädigung und Degeneration der Nachkommenschaft verantwortlich gemacht. Eine Zusammenstellung der auf diesem Gebiet vorliegenden sehr umfangreichen Literatur hat Hoppe[1] in seinem verdienstlichen 1912 in 4. Auflage erschienenen Buch »die Tatsachen über den Alkohol« gegeben. Auf Grund ärztlicher Beobachtungen vertritt er u. a. hier auch die Ansicht, daß »im Rausch des Vaters erzeugte Kinder nicht selten in hohem Grade erblich belastet seien und idiotisch, rhachitisch oder schwachsinnig werden sollen«. Die von ihm angeführten Fälle sprechen, wie Hoppe bemerkt, »mit der Eindringlichkeit des Experiments«; er versucht die verhängnisvollen Wirkungen der Zeugungen im Rausch dadurch zu erklären, daß der aufgenommene Alkohol, wie auch durch physiologische Untersuchungen von Nicloux, Renault und Bertholet ermittelt worden ist, sehr schnell in die Geschlechtsdrüsen und speziell in die Samenflüssigkeit übergeht und so die Samenfäden zu schädigen vermag.

Ob indessen eine derartige Wirkung schon von einer einmaligen übermäßig großen und zu schwerem Rausch führenden Alkoholaufnahme herrühren kann, scheint mir in mancher Hinsicht unwahrscheinlich zu sein. Denn wie die beim Frosch von mir angestellten und vor einem Jahr hier mitgeteilten Experimente zu dieser Frage ergeben haben, werden 5prozentige Gemische sowohl von Äthyl- wie von Methylalkohol

[1] Hugo Hoppe, Die Tatsachen über den Alkohol. 4. Auflage. München 1912.

stundenlang von den in sie gebrachten Samenfäden vertragen. Noch nach acht Stunden waren die aus der Mischung entnommenen Samenfäden bei mikroskopischer Betrachtung lebhaft beweglich. Sie waren auch nicht durch den mehrstündigen Aufenthalt in einem 5 prozentigen Alkoholgemisch in ihrem Idioplasma geschädigt worden. Denn nach einer, zwei oder drei Stunden wurden mit ihnen Froscheier noch mit gutem Erfolg befruchtet. Dieselben boten einen vollständig regelmäßigen Verlauf ihrer Entwicklung dar und lieferten Larven, die von denen des Kontrollversuchs in keinem Punkt zu unterscheiden waren. 5 prozentige Konzentrationen von Alkohol wie in unserem Versuch, werden aber in den Körpersäften eines Trinkers wohl überhaupt nicht erreicht. Denn im Blut seiner mit Alkohol behandelten Versuchstiere, Meerschweinchen und Hund, hat Nicloux nur 0.13—0.47 Prozent Alkohol nachweisen können.

Trotzdem bin ich, wie Hoppe und viele andere Forscher, der Überzeugung, daß chronischer Alkoholmißbrauch nicht nur die Leber und manche andere Organe, sondern auch die Keimdrüsen und die sich in ihnen bildenden Eier oder Samenfäden, und dadurch auch die Nachkommenschaft, nachteilig beeinflußt.

Einen kaum anzufechtenden Beweis hierfür hat Stockhard[1] in einer soeben veröffentlichten Experimentalstudie über den Einfluß des Alkohols auf die Keimzellen und die Embryonalentwicklung des Meerschweinchens geliefert. In ähnlicher Weise, wie ich in den mit meinem Sohn ausgeführten Radiumversuchen drei Gruppen von Experimenten als A-, B- und C-Serie unterschieden habe, je nachdem beide Komponenten oder nur der Samenfaden oder nur das Ei bestrahlt und dann durch Befruchtung vereinigt worden sind, ist Stockhard in seinen Alkoholversuchen vorgegangen. Er hat einmal männliche Tiere von Meerschweinchen, die längere Zeit unter Alkoholwirkung durch Einatmung von Alkoholdämpfen gehalten worden waren, mit normalen Weibchen kopuliert, zweitens hat er alkoholisch gemachte Weibchen mit normalen Böcken belegt und drittens hat er alkoholische Weibchen mit alkoholischen Männchen verbunden. In allen drei Gruppen, am stärksten aber in der dritten Gruppe, machten sich die üblen Folgen des viele Monate fortgesetzten Alkoholgenusses durch Degeneration der Nachkommenschaft, durch frühzeitigen Abort, durch schwächliche und kleinwüchsige Junge bemerkbar. Das Gesamtergebnis seiner Versuche hat Stockhard in folgende Sätze zusammengefaßt: neun zur Kontrolle vorgenommene Paarungen normaler Meerschweinchen ergaben sieben

---

[1] Charles Stockhard, An experimental study of racial degeneration in mammals treated with alcohol. Arch. of internal Medicine Vol X, 369—398.

lebende Würfe. Diese bestanden im ganzen aus 17 Individuen, die sämtlich am Leben blieben und für ihr Alter kräftige Exemplare darstellten. Dagegen ergaben 42 Paarungen alkoholisierter Meerschweinchen nur 18 lebende Junge, und von diesen lebten nur sieben, darunter fünf Kümmerlinge, länger als einige Wochen, während die Kontrollpaarungen 17 Junge ergaben, welche alle am Leben blieben und sich zu normalen, kräftigen Tieren entwickelten.

Es liegt nahe zu vermuten, daß ähnliche schädliche Wirkungen, wie durch lange fortgesetzte übermäßige Alkoholaufnahme, auch durch andere giftige Substanzen auf die Keimzellen unter besonderen Bedingungen ausgeübt werden können. Auch hierfür ein Beispiel, welches mir ebenso beweisend als die durch Alkohol herbeigeführte Keimesverderbnis (Blastophorie) zu sein scheint. Es handelt sich um Leute, welche sich in einer Anzahl von Gewerben der Bleivergiftung aussetzen. Die schädliche Wirkung auf die Nachkommenschaft ist durch Const. Paul[1] in einer statistischen Zusammenstellung eines größeren Materials eingehend besprochen worden. Dieselbe tritt am deutlichsten bei Bleiarbeiterinnen hervor. In einer Zusammenstellung, die 7 Frauen betraf, wurden in einem Zeitraum von einigen Jahren 32 Schwangerschaften festgestellt. Von diesen führten 11 zu frühzeitigem Abort, 1 Kind wurde totgeboren; von den 20 lebendgeborenen starben 8 im ersten Jahr, 4 im zweiten, 5 im dritten und nur ein einziges Kind wurde großgezogen. Aus seinen Beobachtungen kommt Paul auch zu dem für uns besonders wichtigen Ergebnis: »L'influence du plomb transmise par le père à l'enfant est tout aussi réelle que quand c'est la mère qui s'est exposée.« Doch sind die von ihm angeführten Fälle, in denen ein unter Bleikrankheit leidender Vater mit einer gesunden, in einem andern Gewerbe beschäftigten Frau eine geschädigte Nachkommenschaft zur Welt gebracht hat, so spärlich, daß sich nicht jeder von der Beweiskraft seines Schlusses überzeugt fühlen wird.

Gleichwohl halte ich prinzipiell eine durch Bleikrankheit des Vaters hervorgerufene Schädigung der Samenfäden und eine Übertragung derselben durch die Befruchtung auf das normale Ei einer gesunden Mutter für ebensogut möglich, als ich im Tierexperiment durch Radiumbestrahlung oder durch Behandlung mit Methylenblau, Chloralhydrat und anderen geeigneten Substanzen die Samenfäden in einen pathologischen Zustand versetzt und denselben durch die Befruchtung auf ursprünglich gesunde Eier übertragen habe.

[1] Constantin Paul, Étude sur l'intoxication lente par les préparations de plomb, de son influence sur le produit de la conception. Arch. génér. de médecine 1860. Vol. I, p. 513 (V[e] Sér. t. 15).

Ich beschränke mich hier auf diese wenigen Hinweise. Wie man sieht, ist die Einwirkung chemischer Substanzen auf die Lebensvorgänge in der Zelle ein wenig bearbeitetes Gebiet, welches die zukünftige Forschung gewiß noch vielfach beschäftigen wird. Für den Arzt aber wird es von um so größerer Wichtigkeit werden, als Stoffe, die nichts weniger als indifferent sind, von Jahrzehnt zu Jahrzehnt in größerer Zahl und Menge, und nicht selten in maximalen Dosen, per os oder, was noch gefährlicher ist, subkutan dem menschlichen Körper einverleibt werden.

Der Forscher, welcher sich gewissenhaft die Frage vorlegt, was wir denn eigentlich von der Wirkung dieser Stoffe im menschlichen Körper, von der Wirkung auf die in verschiedener Weise darauf reagierenden Organe und Gewebe wissen, wird sich sagen müssen, daß unsere Kenntnisse hierüber nur sehr unvollständige sind und sich meist nur auf die gewünschte therapeutische Hauptwirkung beziehen, während fast alle Nebenwirkungen ganz im dunkeln bleiben. Namentlich gilt dies für Substanzen, die in nicht direkt lebensgefährlicher Dosis, aber längere Zeit gebraucht werden. Denn Schädigungen, die sich im menschlichen Körper allmählich nach Jahren und Jahrzehnten einstellen, entziehen sich gewöhnlich einer ursächlichen Erkenntnis, da bei den vielfachen Schädigungen, denen der Körper ausgesetzt ist, die zusammengehörigen Ursachen und Wirkungen nicht mehr zu erkennen und zu erweisen sind.

Daß chemische Substanzen direkt die Keimzellen schädigen, aber in ihren Wirkungen sich erst bei der Entwicklung der Nachkommenschaft erkennen lassen, diese auch für die Wohlfahrt des Menschengeschlechts wichtige Frage glaube ich im Prinzip festgestellt zu haben.

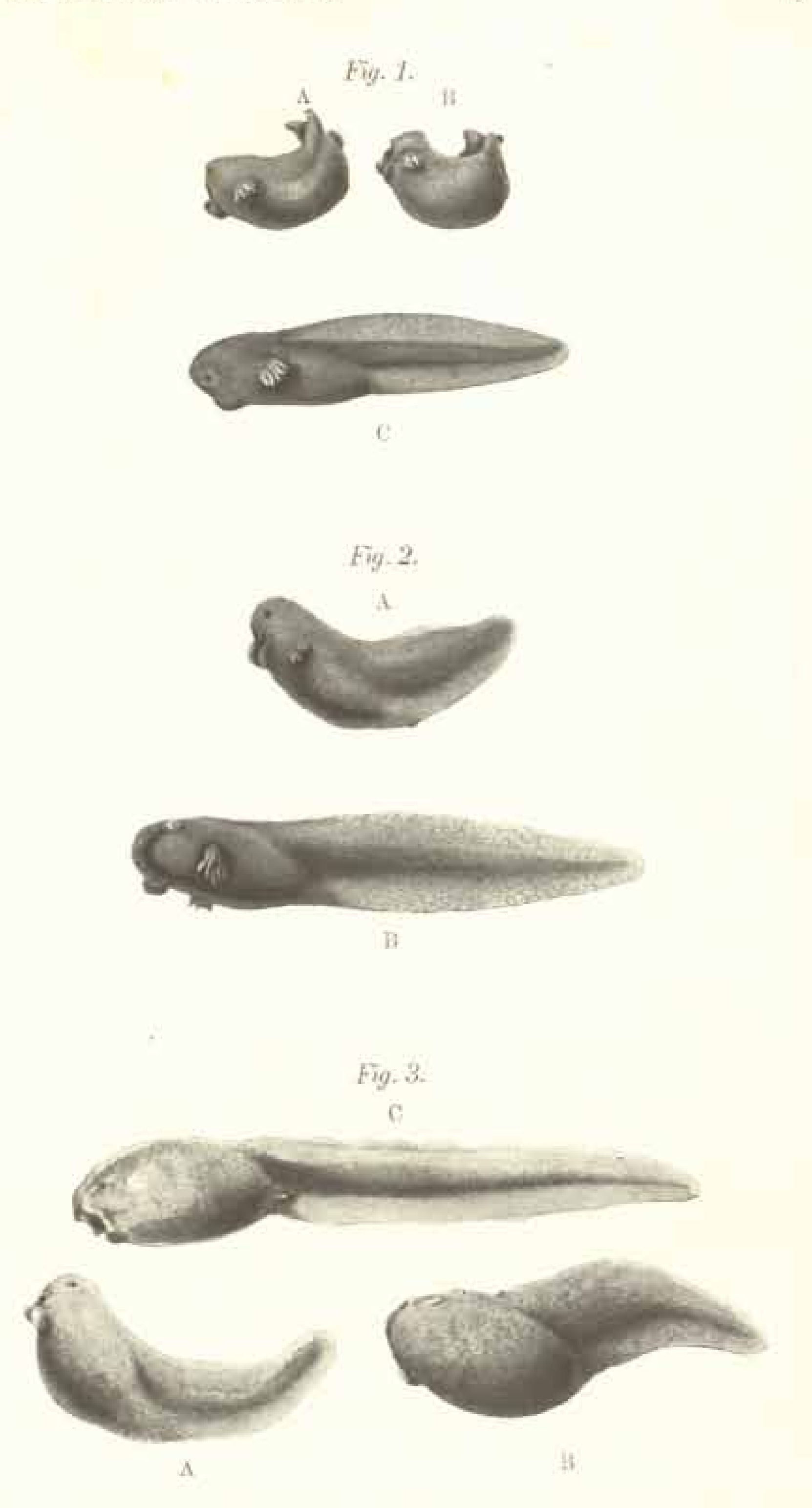
Tafelerklärung.

Fig. 1. A und B: 2 Larven von *Rana fusca*, am sechsten Tage nach der Befruchtung, mit *Spina bifida* und verdoppeltem Schwanz. B zeigt zugleich Anencephalie. Die Eier wurden mit Samenfäden befruchtet, die 30 Minuten mit 0.15 prozentiger Chloralhydratlösung behandelt waren. C: Zu dem Versuch gehörige, normale und gleichaltrige Kontrollarve. Vergrößerung achtfach.

Fig. 2 A und B. 8 Tage alte Larven von *Rana fusca*. A: Chlorallarve, entstanden aus einem Ei, das mit Samenfäden, die mit 0.15 prozentiger Chloralhydratlösung 30 Minuten vorbehandelt waren, befruchtet wurde. B: Gleichaltrige, normale Kontrollarve. Vergrößerung 8 fach.

Fig. 3. 12 Tage alte Larven von *Rana fusca*. A und B: Ausgeschlüpfte Chlorallarven, entstanden aus Eiern, die mit Samenfäden nach vorausgegangener halbstündiger Behandlung mit 0.15 prozentiger Chloralhydratlösung befruchtet worden waren. A. Larve ohne, B. mit starker Bauchwassersucht. C. Gleichaltrige, normale Kontrollarve. Vergrößerung 8 fach.

Ausgegeben am 26. Juni.



HERTWIG: Keimesschädigung durch chemische Eingriffe.



1913.

XXXI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

19. Juni. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Planck.

*1. Hr. Roethe sprach über Wolfram und Chrestien.

An der Hand der von Baist abgedruckten Pariser Handschrift von Chrestien's »Contes del Graal« wird der Versuch gemacht, Wolfram's »Parzival« auf die leitenden künstlerischen und menschlichen Motive zurückzuführen, aus denen sich die besondere Art und Überlegenheit der deutschen Dichtung gegenüber der französischen Vorlage erklärt.

2. Hr. Roethe legte vor die Untersuchung von Hrn. Prof. Kurrelmeyer in Baltimore »Die Doppeldrucke in ihrer Bedeutung für die Textgeschichte von Wieland's Werken«. Die Akademie genehmigte die Aufnahme dieser Arbeit in die Abhandlungen.

Die grosse Verbreitung der Wieland'schen Doppeldrucke wird dargelegt; selbst von Bänden der Octav-Ausgabe letzter Hand kommen sie zahlreich vor. Weiter wird angedeutet, welche methodischen Consequenzen sich daraus für die Aufstellung des kritischen Apparats der akademischen Wielandausgabe ergeben; die meisten dieser Doppeldrucke sind als Nachdrucke zu behandeln, falls sich der erste Druck sicher feststellen lässt; doch wird die Frage dadurch complicirt, dass zuweilen Doppeldrucke als Druckvorlagen neuer verbesserter Originalauflagen gedient haben.

3. Folgende Druckschriften wurden vorgelegt: ein neu erschienener Band der Inscriptiones Graecae, Vol. 5, Fasc. 1, enthaltend die Inschriften von Laconien und Messenien bearb. von W. Kolbe (Berolini 1913), ein weiterer Band der von der Akademie durch Subscription auf 40 Exemplare unterstützten Euler-Ausgabe der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Ser. I, Vol. 10, enthaltend die Institutiones calculi differentialis hrsg. von G. Kowalewski (Lipsiae et Berolini 1913), ferner N. 2 der vom Deutschen Entomologischen Museum herausgegebenen Supplementa Entomologica (Berlin-Dahlem 1913), enthaltend Beiträge zur Insectenfauna von Formosa, gleichfalls mit Unterstützung der Akademie erschienen, endlich H. Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen. 4. Aufl. (Leipzig 1913).

Ausgegeben am 26. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1913.
XXXII.

SITZUNGSBERICHTE
DER
KÖNIGLICH PREUSSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

26. Juni. Öffentliche Sitzung zur Feier des Regierungsjubiläums Seiner Majestät des Kaisers und Königs und des Leibnizischen Jahrestages.

Vorsitzender Secretar: Hr. Roethe.

Die Sitzung eröffnet der Vorsitzende mit folgender Ansprache:

Noch wärmt und erhellt uns das Herz die Erinnerung an die Festtage unseres erhabenen Kaiserlichen Schirmherrn; schien es doch, als wolle der Sonnenschein am Himmel und auf den Gesichtern der Menschen im Bunde mit dem nächtlichen Fackelglanz aus deutschen Landen alle Wolken, alles Dunkel scheuchen: wir konnten die traurige Tatsache vergessen, daß große Kreise des Volkes sich in häßlich eigensinnigem Groll abseits stellten. Auch die Akademie durfte durch ihr Sekretariat mündlichen Glückwunsch darbringen, und ihr berufener Sprecher hob in den kurzen Sätzen, die ihm gestattet waren, als die Seele akademischer Arbeit den ewigen menschlichen Drang zur reinen Erkenntnis hervor. Unmittelbar vor uns waren die Technischen Hochschulen zum Worte gekommen, die entschiedenste Verkörperung der angewandten Wissenschaft; wir wissen, wieviel Interesse unser Kaiser gerade dieser Seite geistigen Strebens widmet. Aber die Antwort, die der Akademie zuteil wurde, bestätigte von neuem, was wir aus den kaiserlichen Worten unseres Jubiläums wußten, daß Kaiser Wilhelm über der Freude an den modernen Wundern der Technik den sittlichen Wert wie die verjüngende befruchtende Kraft nicht vergessen hat, die über Ort und Zeit hinaus eben nur der reinen Erkenntnis innewohnt.

Der heutige Tag vereinigt die festlichen und dankbaren Gefühle, zu denen uns das Regierungsjubiläum Seiner Majestät den frohen Anlaß gibt, mit der jährlichen Erinnerung an den geistigen Schöpfer der Akademie, an Gottfried Wilhelm Leibniz. Auch ihm waren die reine und die angewandte Wissenschaft keine Gegensätze; ja, als er die Preußische Akademie schuf, da war ihm die »Beförderung der nutzbaren

Künste und Wissenschaften«, waren ihm die »gemeinnützigen Applicationes« geradezu die Hauptsache, der Kern des Programms, nicht nur äußerlich, um Stimmung zu werben und Mittel frei zu machen, sondern aus der kräftigen Zeitüberzeugung seines wandelbar reichen Geistes. Damals nahm der königliche Stifter fast den minder praktischen Standpunkt ein, als er in der Generalinstruktion vom 11. Juli 1700 auch die Pflege der »uhralten teutschen Haubtsprache« und der in ihr schlummernden »Schätze teutschen Alterthumbs« der neu zu gründenden Akademie auferlegte. Ihn leitete nicht nur das Bewußtsein von der Bedeutung historischer Sprachkenntnis für das richtige Verständnis alter Urkunden, das allerdings großen praktischen Wert gewinnen konnte; ihn trieb vor allem der fürstliche Wunsch, aus der Vergangenheit Ruhm und Würde des Vaterlandes zu steigern, ein Wunsch, der das 17. Jahrhundert um so tiefer bewegte, je dürftiger dieses Vaterlandes Gegenwart sich darbot. Dem ersten Preußenkönig ist die Würde seiner Krone so sehr Herzenssache gewesen, daß ihm dadurch die Sorge für Kunst und Wissenschaft unter ideellere Gesichtspunkte rückte, als das sonst dem Geiste der Zeit entsprach.

Sein Nachfolger, den unnützen Wissenschaften gründlich abhold und höchstens der Medizin und Chemie gnädig, hätte sich auch durch die kriegswissenschaftlichen und technischen Miszellanea schwerlich ködern lassen, zu denen der immer noch rührige Leibniz die erschlaffende Sozietät antrieb. Um so entschlossener bekannte sich der große Friedrich zu den Wissenschaften, von denen sein Vater nichts wissen wollte, zumal zur Philosophie; nie hat sie die preußische Akademie in dem Maße beherrscht als in den Tagen, da diese französisch sprach. Und doch, bei allem durstigen Erkenntnisdrang, der in den Einzelnen lebte, im Geiste der Aufklärung lag nun einmal ein naiver Optimismus, dem der Weg vom Erkennen und Wissen zur Tat nur ein selbstverständlicher kleiner Schritt schien: so stecken in den weitausschauenden Preisaufgaben, durch die Friedrichs Akademie die Welt interessierte, offen und verborgen soviel praktische, moralische, politische Hinter- und Nebengedanken, wie das unserer Art zu forschen ganz fern gerückt ist; nicht zuletzt in den Aufgaben, die der König selbst gestellt hat. Friedrichs akademischer Discours de l'utilité des sciences et des arts dans un État, mit glühendem Eifer geschrieben, verteidigt jenen höheren Nutzen, wie ihn bald Propheten der neuen Weltanschauung, etwa Schiller, priesen, noch immer auf der niederen Schanze praktischer Nützlichkeit. Und unter Friedrich Wilhelm III., der die Akademie nur in lauer Pietät gegen die Ahnen aufrecht erhielt, wird wieder lediglich »die Wissenschaft, sofern sie nützt«, die Vervollkommnung der Künste und Handwerke ihr eigentlicher, nüchtern ausgesprochener Lebenszweck.

Aber der treffliche Monarch, dessen Andenken das Gedächtnisjahr in verdienten Ehren hält, war der Sohn einer vergangenen Zeit. Um ihn schoß nun der neue deutsche Geist in überwältigender Fülle auf, ohne daß er sich in ihm zurechtzufinden wußte. Dieselben großen Tage, in denen Kant und Hamann, Herder, Goethe und Schiller die Kunst von der Pflicht zur Nützlichkeit definitiv befreiten, sie haben auch die reine Erkenntnis zum anerkannten lebenspendenden Feueratem der Akademie gemacht. Auch hier hat dem preußischen Staat zu Jena die erlösende Stunde geschlagen, die das verstohlene Bedürfnis hoher Seelen zu einem sittlich gebietenden und stählenden Gemeingefühl aller ernsten Forscher umschuf. Friedrich Wilhelm wußte in dem entscheidenden Augenblick die große Hohenzollerntugend, überlegene Ratgeber zu finden, mit der gleichen, bewundernswerten königlichen Weisheit und Demut, Pflichttreue und Treffsicherheit zu üben, wie wir sie an seinem zweiten Sohne verehrt haben; und als der König Wilhelm von Humboldt an die Spitze des preußischen Bildungswesens stellte, da tritt die rein ideelle Aufgabe der Akademie in lauterer Fassung gleichberechtigt, ja übergeordnet neben die mit dem Tagesleben enger verbundene Universität. Alles aus einem allgemeinen Prinzip abzuleiten, alles einem Ideal zuzubilden, jenes Prinzip und dies Ideal zu einer Idee zu verbinden: das sind für Humboldt die Wege und die Ziele der echten Wissenschaft, die man nie ganz finden und eben darum ewig suchen soll: nur bei diesem Streben wohnt der Wissenschaft die geistige Kraft inne, an der der Staat das tiefste Interesse hat. Und für diese Wissenschaft soll die Akademie die höchste und letzte Freistätte bilden, vom Staate am meisten unabhängig, dem sie in einem höheren Gesichtspunkte gerade dann am meisten dienen wird, wenn er nichts von ihr fordert, was sich unmittelbar und geradezu auf ihn bezieht.

Die Pfade der akademischen Arbeit sind wesentlich anders gelaufen, als sie Humboldt damals im Geiste der Wissenschaftslehre kündete. Dem starken Aufschwung der historisch-philologischen Studien entwuchs 1815 der Plan des Corpus inscriptionum Graecarum und damit zugleich das Programm, der Akademie Unternehmungen zur Aufgabe zu stellen, die kein Einzelner leisten kann, sondern nur eine Gesamtheit. Das Jahrhundert, das seitdem verflossen ist, hat immer entschiedener diese Richtung verfolgt. Die individuelle Schöpferkraft der großen Gelehrten, die die Akademie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts vereinigte, und die den heroischen Mut hatten, ganze Wissenschaften aus eigenster Kraft neu zu erzeugen, hat im Bunde mit der Kargheit der ersten Mittel unter Friedrich Wilhelm III. den Übergang zur organisierten Arbeit noch aufgehalten. Aber schon unter seinem Nachfolger wird

die Richtungslinie deutlicher. Friedrich Wilhelm IV. war derjenige preußische König, der der Akademie die nächsten persönlichen Beziehungen gönnte. Wie er der erste und getreuste fürstliche Besucher unsrer öffentlichen Sitzungen war, so hat er auch sonst in bescheidener Liebe und mit innerem Anteil jeden Fortschritt der Wissenschaft verfolgt und gefördert: sein entschiedener königlicher Wille hat mit sicherem Verständnis für das Bedürfnis der Zeit Staatsgelder und persönliche Schenkungen dafür eingesetzt, daß der Akademie die Möglichkeit gewährt wurde, die wissenschaftliche Arbeit in größerem Stil zu fördern als je zuvor. Und wenn sich unter Wilhelm I. jener persönliche Zusammenhang wieder lockerte, so hat doch »das jedem preußischen Könige innewohnende Gefühl für Wissenschaft«, zu dem gerade er sich alsbald bekannte, besonders ausgiebig dafür gesorgt, daß die gesteigerten Mittel des neuen Preußen auch der Akademie reichlich zuflossen. Das Jahr 1874 war das Stufenjahr, das der Akademie zuerst die Bewegungsfreiheit für größere wissenschaftliche Unternehmungen aus gesicherten Einkünften gewährte.

Aber so deutlich wir durch die ersten drei Viertel des letzten Jahrhunderts das Anwachsen der organisierten Arbeit im Schoße der Akademie verfolgen können, erst die Regierung Wilhelms II. hat diese Entwicklung zu innerer Geschlossenheit gebracht. Geschichtliche Rückschau auf frühere Tage vertieft die ehrerbietige Dankbarkeit, mit der wir zu dieser Stunde auf die 25 Jahre blicken, in denen Wilhelm II. über uns waltet. Wir denken freudig der beiden festlichen Sitzungen, zu denen wir uns um unsern Kaiser sammeln durften. Froh eines Königs von eignem Wollen und Meinen, der gewillt ist ratend und fördernd mitzutun und der zur Wissenschaft ein persönliches Verhältnis besitzt, haben wir den Anregungen gelauscht, die er uns in Worten und Gaben lieh. Wir würdigen tief das Vertrauen, das Kaiser und Regierung uns in diesem Zeitraum stets gleichbleibend gewährt und betätigt haben. Unsre Unternehmungen und Kommissionen haben sich seit 1888 verdreifacht und vervierfacht; strecken sie ihre Arme aus zu den Sternen, auf die uns schon unsre Devise weist, so haben sie doch auch die langversäumte Fürsorge für die Erkenntnis nationalen Geistes bis in sein Kleinleben hinein endlich nachzuholen begonnen. Der Staat hat in schönem Idealismus eine Kategorie wissenschaftlicher Beamten der Akademie geschaffen, die nur der Wissenschaft leben dürfen. Wenn sich deutsche Macht auf Meer und Luft ausgedehnt hat, auch uns ist das zugute gekommen. Von den stolzen Bauten auf dem Potsdamer Telegraphenberg bis zu den jüngsten Schöpfungen der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hat die Akademie zu einer stattlichen Zahl von Forschungsinstituten nahe Fühlung gewonnen.

Ferne Weltteile haben unsern und uns nahestehenden Expeditionen reichen Ertrag für Natur- und Geistesgeschichte gegeben, und wir sind uns still bewußt, wie oft uns das persönliche Interesse, die persönliche Opferwilligkeit unsers Monarchen Schwierigkeiten überwinden half. Das Gesamtbild organisierter Arbeit, wie es sich jetzt in der Akademie darstellt, darf auch dem Eindruck machen, der sich im Herzenskämmerlein vielleicht zurücksehnt nach der großen Zeit der schaffenden Einzelnen. Und wir gedenken zu dieser Stunde mit warmer Dankbarkeit des ausgezeichneten Beraters der Krone, Friedrich Althoffs, des getreuen Helfers, der nie um Mittel verlegen war, wenn sein scharf prüfender Geist einen wissenschaftlichen Gedanken als fruchtbar und ausführbar anerkannt hatte. Es ruht nicht zuletzt auf seinen Anregungen, wenn wir heute mit den Akademien deutscher Zunge im engern, mit den Akademien der Welt im weitern Bunde vereinigt sind. So baut sich jene Organisation, die vor einem Jahrhundert schüchtern einsetzte, zu wissenschaftlicher Weltarbeit aus, wie sie Leibnizens weit sich spannender Geist wohl ahnte, doch kaum zu hoffen wagte.

Aber es ist gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Die Organisation trägt die Beschränkung in sich: sie führt auf Beschaffung und Sammlung der Materialien, auf einheitliche Bearbeitung nach festen Regeln, also im Grunde doch auf Vorarbeiten: nicht weiter.

Die Bändereihen wichtiger Ausgaben aus alter und neuer Zeit, aus deutscher, antiker, orientalischer Geisteskultur, aus Kirche und Recht, Philosophie und Dichtung dehnen sich aus; die großen Schatzkammern des Tier- und Pflanzenreiches, der Geschichte des Fixsternhimmels, der römischen, ägyptischen, deutschen Wörterbücher, der Münzen und Inschriften füllen sich, und hinter ihnen erheben sich Archive, die dem abgeschlossenen Werk ein Weiterleben sichern, das vor dem Veralten schützen soll. Die Fülle der Materialien und Fakten, die wir feststellen und häufen, wurzelt in dem gesunden Respekt vor der Tatsache, vor der möglichst reichen Empirie, in dem redlichen Willen, kommender steigender Erkenntnis den sichern Unterbau zu schaffen, und mehr noch als die Mitlebenden werden künftige Geschlechter uns Dank wissen. Aber wir wollen uns doch nicht verhehlen, daß diese Entwicklung auch Gefahren birgt; die Masse des Stoffs droht den zu ersticken, der ihrer geistig nicht Herr zu werden vermag: nichts tötender, als wenn das Material Selbstzweck wird.

Schon die nächste Leibniz-Sitzung wird sich nach menschlichem Ermessen in den schöneren und würdigeren Räumen unseres alten Akademieviertels abspielen: auch das ein Geschenk, das wir der Fürsorge unseres Kaisers danken werden. Wir werden dieser Fürsorge lohnen, wenn wir uns beim Einzug in die neuen Räume an alt-

vertrauter Stätte jener belebenden schaffenden Kraft erinnern, die in dem jetzt verschwundenen Hause der Akademie einst ihre Großtaten vollbrachte. Ich mahne an ein wunderschönes Wort Wilhelm von Humboldts, das in unserer an solchen Funden überreichen Akademieausgabe hervorgezogen worden ist: »Das wissenschaftliche Bedürfnis in seinen mannigfaltigsten Erscheinungen ist, wenn man es auf sein einfaches Wesen zurückführt, immer das Erkennen des Unsichtbaren im Sichtbaren.« Humboldt dachte wohl an die spekulative Durchdringung des Erfahrenen, in der er Meister war. Wir werden es weiter fassen: jedes beantwortete Warum, jeder erspürte innere Zusammenhang, jede Erfassung des Lebens in Gesetz und scheinbarer Willkür, jede Erkenntnis treibender Kräfte führt uns in das Reich des Unsichtbaren, in dem die Wissenschaft ihre wahre Heimat hat, führt uns, anders gefaßt, tiefer in die Erkenntnis göttlicher Wahrheit, die Kaiser Wilhelm der Akademie in der feierlichen Jubiläumssitzung von 1900 zur obersten Pflicht machte. Unserm geliebten Herrn, der das ererbte Verhältnis seiner Ahnen zu unserer Körperschaft nicht nur traditionell, sondern in kraftvoller persönlicher Teilnahme fortgesetzt und bewahrt hat, zugleich dem Preußischen Staate, in dessen Schutz unsere Arbeit gedeiht, werden wir nach wie vor am sichersten dienen, wenn wir, dem Leben nicht fremd und abhold, doch Kopf und Seele unabgelenkt jener reinen Wahrheit zugewendet halten, die dem echten Forscher als tiefer stiller Lebensquell hinter der Welt der Erscheinungen, Geschehnisse, Gedanken und Gefühle sich offenbart. Wir wollen an unserm Teil darauf bedacht sein, daß unser Vaterland, während es an äußeren Kräften sich, wie wir hoffen, dauernd entwickelt, auch jener inneren Kraft nicht verlustig gehe, aus der in den Tagen Wilhelm von Humboldts das neue Deutschland erstand! Mit diesem Gelöbnis danken wir unserm Kaiser zu seinem Ehrentage!

Es folgten die Antrittsreden der seit der Leibniz-Sitzung 1912 neu eingetretenen Mitglieder der Akademie.

Antrittsreden und Erwiderungen.

Antrittsrede des Hrn. Norden.

Wenn ich, wie es der Brauch des Tages heischt, von meiner Arbeit reden muß, so zwingt mich das Gefühl zu dem Bekenntnisse tiefster Dankbarkeit gegenüber den beiden Männern, denen ich mir bewußt bin, meine erste wissenschaftliche Ausbildung zu schulden. Bücheler, der Präzeptor ohnegleichen, weckte die schlummernden Begriffe sprachlichen

Verständnisses zu lebendiger Betätigung; er übertrug auf seine Schüler die Andacht und die Liebe zum Kleinen, pflanzte in uns die Überzeugung, daß eine gesicherte Textverbesserung ein Triumph philologischer Kunst sei, und lehrte uns Ritschls und Lachmanns Arbeiten als unvergängliche Muster begreifen: die Neigung zu wortgeschichtlichen und prosodisch-metrischen Untersuchungen auf lateinischem Sprachgebiete ist mir seit jener Zeit verblieben, davon habe ich in meinem Kommentar zu Vergil Zeugnis abgelegt. Neben Bücheler stand Usener mit seinem Gestaltungsdrange, seiner Konstruktionsgabe, der Seelentiefe seines Blicks, auch er aber ein Feind alles halben, nicht auf dem Verständnisse der Texte begründeten Wissens. Unvergeßlich ist mir die Stunde, in der er seine Demosthenesvorlesung mit der rhythmischen Rezitation des ersten Satzes der Kranzrede eröffnete: das war dem blutjungen Studenten etwas Unerhörtes, es klang wie rauschende Musik in seine Ohren. Ein knappes Jahrzehnt später wurden alle diese Töne wieder in mir lebendig, und in ihrem Banne ging ich — audax iuventa — daran, die Geschichte rhythmisierter Prosa zu schreiben. Den Rahmen so weit zu spannen, wie es der Stoff erforderte, hätte ich nie vermocht, wenn ich nicht aus Useners Lehre in mein wissenschaftliches Leben wie eine Selbstverständlichkeit die Forderung hinübergenommen hätte, daß der Philologe die Dokumente der alten christlichen Kirche mit dem Theologen in gemeinsamer Arbeit zu benutzen verpflichtet sei. Religionsgeschichtliche Interessen im Verein mit stilgeschichtlichen sind es darum auch gewesen, die mich in meinem letzten Buche den Versuch unternehmen ließen, eng umgrenzte Probleme der Übergangszeit von der hellenischen zur christlichen Weltanschauung in einen historischen Zusammenhang hineinzubeziehen.

Wenn ich von den Männern spreche, an die ich als meine Lehrer dankbar zurückdenke, so darf ich mit Stolz sagen, daß auch Theodor Mommsen unter ihnen gewesen ist: hatte ich doch das Glück, im Jahre 1887 die letzte Vorlesung zu hören, die er hielt, bevor er sich ganz der Forschung widmete: die über lateinische Epigraphik. Wohl darf ich es gerade in diesem Kreise, dessen Zentralsonne er lange Jahre gewesen ist, aussprechen, daß uns junge Leute, die wir ihm damals an seinem 70. Geburtstage Blumenkränze um das schlichte Katheder des kleinen Auditoriums wanden, nichts so ergriffen hat, wie die stolze Bescheidenheit, mit der er an jenem Tage sich einzureihen suchte in die Geschichte der von ihm vertretenen Wissenschaft, als hätte er nur die Summe aus dem von anderen, freilich einem Niebuhr und Borghesi, Erarbeiteten gezogen. Mochten wir aber im übrigen ihm gegenüber noch so gläubig sein: dieses wußten wir

besser als er, hier konnten wir ihn an ihm selbst widerlegen. Denn nachdem er den ersten, systematischen Teil seiner Vorlesung etwa mit den Worten geschlossen hatte: »ich glaube, meine Herren, daß es Ihnen ebenso langweilig gewesen ist, diese Vorlesung bisher zu hören, wie mir sie zu halten« (wogegen wir pflichtgemäß protestierten), brachte er uns von da an Abklatsche teils ganz neu gefundener, teils revidierter Inschriften mit, die er meistens erst am frühen Morgen erhalten und in der Pferdebahn gelesen hatte. So machte er uns zu Augen- und Ohrenzeugen seines staunenswerten Gedächtnisses, seiner den Zeiten und Personen ebenbürtigen Anschauungskraft, seines auch den sprachlichen Kleinkram verwertenden Spürsinns, und sich selbst sparte er, was er wahrlich nötig hatte, Zeit, indem er in der Vorlesung für die Vorlesung und für das Corpus inscriptionum arbeitete.

Dem Einflusse Büchelers und Mommsens schreibe ich es zu, daß ich beschloß, mich vor allem der lateinischen Philologie zu widmen. Daß die Fühlung mit dem Griechischen nicht verloren ging, dafür sorgten die Persönlichkeiten meiner Lehrer und späterhin meiner Kollegen. Aber freilich habe ich mich nicht, wie einzelne meiner Alters- und Studiengenossen, in das gelobte Land aller Bildung hinüberlocken lassen, sondern habe dem Lateinischen die Treue gehalten und beabsichtige das auch für die Zukunft zu tun: hieße es doch gerade angesichts der gegenwärtigen Vertreter der hellenischen Studien in unserer Klasse Oliven in den heiligen Hain Platons tragen, wenn ich auch meinerseits der Athena dienen wollte. Aber auch abgesehen von diesem Persönlichen: die in Deutschland bei der jüngeren Generation jetzt übliche Geringschätzung der lateinischen Sprache und Literatur muß diejenigen, denen an der Fortdauer dieser Studien gelegen ist, mit Sorge erfüllen. Der Stolz, mit dem die hellenische Königin auf die barbarische Dienerin herabblickt, ist, geschichtlich betrachtet, nicht zu rechtfertigen: denn als nach der fast eintausendjährigen Dämmerung des Mittelalters die abendländischen Kulturvölker sich zum Lichte emporrangen, da sind es die beiden »Augen« der Renaissance, Cicero und Vergil, gewesen, durch deren Vermittlung die Epoptie des sonst zu hellen Glanzes von Platon und Sophokles vorbereitet wurde. Die neue Renaissance des hellenischen Schrifttums, die wir staunend erleben, findet erleuchtete Augen, die voll Mitleids auf die unscheinbarere, sich keines Besitzzuwachses erfreuende Schwester herabblicken. Und doch ist der alte Boden der lateinischen Philologie noch keineswegs so erschöpft, daß er neuen Ertrag verwehre. Wer weiß, ob nicht einmal an unsere Akademie jemand herantreten wird mit dem Gesuche, ihm durch ihre organisatorische Beihilfe die Möglichkeit einer Rekonstruktion des verlorenen Livius zu verschaffen? Das wäre eine

der schönsten Spenden, die wir den Manen Mommsens darbringen könnten. Auch die Rekonstruktion Varros (und des von ihm untrennbaren Poseidonios) wird die Kraft eines Einzelnen übersteigen und daher vielleicht einmal von uns gefördert werden müssen. Derartiges ließe sich noch mehr anführen, aber ich übergehe es, denn es kam mir nur darauf an, den Irrtum zu zerstreuen, als ob die lateinische Philologie so ziemlich abgewirtschaftet habe und als ob von ihr gesagt werden könne: »jetzt ist alles verteilt, und es sind am Ziel die Camenen«. Sonnenwärme und Tagesglanz freilich werden nur die Diener der hellenischen Musen finden, aber auch in der Kühle des Schattens und bei Lampenlicht läßt sich arbeiten.

Ich selbst freilich werde mich, wenn ich zum Schluß wieder von mir reden darf, an solchen Plänen, falls sie an uns herantreten und von uns gebilligt werden — wir alle wissen ja, wie sehr wir mit unsern Mitteln haushalten müssen und daß wir keinen zu weitgehenden Hoffnungen Raum geben dürfen —, nur beratend beteiligen können. Dagegen nehme ich in Aussicht, die Anteilnahme der Akademie für einen Plan zu gewinnen, den ich jetzt nur in seinen Grundzügen andeuten kann. Im Altertum selbst hat es Werke gegeben, in denen die berühmten Persönlichkeiten in Kunst, Literatur und Wissenschaft nach den Stätten, sei es ihrer Geburt, sei es ihrer Hauptwirksamkeit, geordnet waren. Wir besitzen aber von diesen Werken nur dürftige Bruchstücke. Also müssen wir selbst daran gehen, das riesenhafte Material zu sammeln und zu einem geographisch-ethnographischen Orbis litteratus zu gestalten, der von Cadiz, Bordeaux und Köln bis Jerusalem, Babylon und an den Indus reicht, so weit eben, wie die Propaganda der hellenisch-römischen Kultur gereicht hat. Erst auf Grund eines solchen Werkes wird es dann möglich sein, die Wechselwirkung von Landschaft und geistigem Leben aufeinander vor Augen zu führen. Zu einem solchen Unternehmen gibt es nur wenige Ansätze, darunter freilich zwei sehr wichtige. Hr. von Wilamowitz hat schon im Jahre 1881 die euböische, hellespontische und pergamenische Kultur eines begrenzten Zeitraumes zu bestimmen versucht, um dadurch den Antigonos von Karystos als einen Typus seiner Zeit und Umgebung zu erklären, und Mommsen hat im Jahre 1886 das am Inschriftenkorpus bewährte Prinzip landschaftlicher Sonderung auf die Provinzialgeschichte des Kaiserreichs bis Diocletianus übertragen. Noch jetzt erinnere ich mich lebhaft des starken Eindrucks, den wenige Jahre nach Erscheinen des Mommsenschen Werkes eine Vorlesung des Hrn. Diels auf mich gemacht hat, in der er die hellenistische Literaturgeschichte nach den Hauptzentren der geistigen Bewegungen und auf Grund ihrer durch Land und Leute bedingten lokalen Sonderentwicklung vortrug. Seit

ein paar Jahren haben diese Anregungen begonnen, sich mir zu dem eben skizzierten Plane zu gestalten, für den ich, soweit er nicht infolge anderer Arbeiten zeitweise in den Hintergrund trat, ganz im stillen tätig gewesen bin; obwohl meine Sammlungen schon einen ziemlich großen Umfang haben, stellen sie doch nur einen ganz verschwindend kleinen Bruchteil des zu fordernden Ganzen dar, das überhaupt ein Einzelner, selbst wenn er sich ausschließlich dieser Aufgabe hingeben würde, nie zu leisten vermöchte. Daher erlaube ich mir, schon heute die Bitte auszusprechen, daß die Akademie, wenn ich ihr zu gelegener Zeit einen Arbeitsplan vorlegen werde, diesem ihre Unterstützung nicht versagen möge. Wenn aber schon einmal wird gesammelt werden müssen, so empfiehlt es sich, gleich einen anderen Plan mit hinzuzunehmen. Die Literaturen der Völker des klassischen Altertums machen durch die Strenge, mit der sie die Gattungen banden, einen geschlosseneren Eindruck als die neueren. Dies tritt vor allem auch durch die Titel der Werke in die Erscheinung. Während nun die antike Literatur, wenn man nur die vollständig erhaltenen Werke berücksichtigt, einem Ruinenfelde gleicht, aus dem verschwindend wenige Tempel unversehrt emporragen, besitzen wir eine gewaltige Anzahl von Fragmenten mit Titelangaben, ja auch Titelkataloge von Buchlänge in beiden Sprachen. Diese Titel müssen gesammelt und gruppenweise geordnet werden: daran wird sich dann der durch die Jahrtausende ununterbrochene Zusammenhang der Schriftgattungen in einem Umfange erweisen lassen, von dem wir uns bis jetzt keine annähernd genaue Vorstellung machen können. Es ist aber klar, daß ein solches Werk die notwendige Ergänzung jeder Literaturgeschichte werden wird; Hrn. Harnacks Geschichte der altchristlichen Literatur wird uns dabei vorbildlich werden müssen. Meine eigenen Sammlungen sind auch hier dem Scheine nach schon recht umfangreich, und ich stehe in Wirklichkeit doch auch hier erst in den Anfängen, über die ich nicht erheblich hinauskommen würde, wenn ich auf meine eigene Kraft angewiesen bliebe. Daher werde ich seinerzeit den Versuch wagen, für die Unterstützung auch dieses Unternehmens unsere Akademie zu gewinnen. Das ist ein wenig viel auf einmal und gar für einen Neophyten dieses Thiasos. Ich halte es aber, wie Sie sehen, mit Cicero: *Qui semel verecundiae fines transierit, eum bene et naviter oportet esse impudentem.*

Erwiderung des Sekretars Hrn. Diels.

Sie haben, lieber Hr. Kollege, mit der Pietät, die zum Wesen des echten Forschers gehört, bei dem Abriß Ihres philologischen Bildungsganges der drei Männer gedacht, denen Sie sich besonders verbunden

fühlen. Es begreift sich leicht, daß unter denen, die Ihnen auf der jetzt einsamer gewordenen Via Latina voraufschritten, Theodor Mommsen durch die Wucht seiner Werke wie persönlich durch seine letzte Universitätsvorlesung Ihre Studien in nachhaltigster Weise beeinflußt hat. Sie haben dem unvergleichlichen Meister durch die musterhafte Herausgabe seiner philologischen Schriften würdigsten Dank abgestattet. Aber der Schüler wäre des Meisters unwert, wenn er nicht irgendwie über ihn hinausgeschritten wäre. Das hat dieser in dem letzten Gespräche, das ich mit ihm pflog, selbst bewundernd zugestanden. Wenige Tage vor seinem Ende fand ich ihn gebückt über Ihren Vergilkommentar mit dem halberloschenen Auge mühsam die Zeilen suchend: »Ja, die Jugend«, seufzte er, »hat es besser. Womit wir Alten vergeblich rangen, die religiöse Frage, hier ist sie mutig ergriffen und trefflich erfaßt.« In der Tat, die Scheu vor den religiösen Problemen der Kaiserzeit, die ein Haupthemmnis bildete für die Inangriffnahme des vierten Bandes der Römischen Geschichte, hat die heutige philologische Generation überwunden. Sie verdankt dies vor allem der Anregung Hermann Useners, dem Sie neben Bücheler als den Führer Ihrer Bonner Studien warmempfundene Worte des Dankes gewidmet haben. Seitdem ist von dem wichtigen Greifswalder Programm über Minucius Felix an bis zu Ihrem letzten Buche, dem Theos Agnostos, eine Hauptaufgabe Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit der religionsgeschichtlichen Betrachtung gewidmet gewesen. Indem Sie durch diese Ihre Studien auf das der Philologie und Theologie gemeinsame Feld hinübertraten, haben Sie die von Bücheler ererbte Feinheit der Interpretation und Ihr durch ihn und wohl auch durch Kaibel geschärftes Stil- und Rhythmusgefühl als scharfe Waffen in jene gemeinsame Arena eingeführt. Der Kampf, den Ihre neueste kühne These entfacht hat, ist erst in den Anfängen. An lebhaften Scharmützeln hin und her wird es auf diesem Felde auch künftig nicht fehlen. Aber sicherlich werden dabei die alten und neuen Methoden der philologischen Kritik, die Sie meisterlich handhaben, eine entscheidende Rolle spielen, und Scaligers Wort wird sich bewahrheiten: *Non aliunde dissidia in religione pendent quam ab ignoratione grammaticae.*

Da Sie auf der sonnigen Mittagshöhe des Lebens in diesen Kreis eintreten, so dürfen wir erwarten, daß dem fruchtbaren Lenz und Sommer noch ein reichgesegneter Herbst folgen werde. Es ist erfreulich, daß Ihr weiter Blick und die Schwungkraft Ihres Talentes auf neue, weite Gefilde sich ausdehnen will. Sie entrollen weitausgreifende Zukunftspläne vor unsern Augen, bei denen Sie die Hilfe der Akademie zur Durchführung für wünschenswert und nötig erachten. Niemand wird zweifeln, daß der von Ihnen skizzierte *Orbis litteratus*,

die Zusammenfassung der antiken Kultur nach topographisch-ethnographischen Gesichtspunkten, eine große und würdige Aufgabe der Wissenschaft darstellt. Freilich die von Otfried Müller begründete Kulturgeschichte der einzelnen Stämme wie die späteren von Ihnen genannten Muster dieser topographischen Methode sind individuelle Schöpfungen hervorragender Gelehrter. Ob es daher möglich ist, eine Forschung, der solche Vorbilder vorschweben, *viribus unitis* zu lösen, wird seinerzeit erwogen werden müssen. Jedenfalls wird unsere Körperschaft Ihre Anregung vertrauensvoll entgegennehmen. Denn Ihre organisatorische und musterschaffende Kraft hat sich bereits in der mit Gercke herausgegebenen »Einleitung in die Altertumswissenschaft« bewährt, wo Ihr Abriß der römischen Literaturgeschichte eine führende Stelle behauptet.

So dürfen wir von Ihnen, sei es auf dem Felde der Einzelforschung oder der organisierten Sammelarbeit, noch reichen Ertrag für die Akademie und für die Wissenschaft erhoffen. Wenn wir auf die monumentalen Werke schauen, die Ihre akademischen Vorgänger allein und mit Hilfe der Akademie an der Via Latina errichtet haben, dürfen wir Ihnen wohl mit Cicero das ermutigende Wort zurufen: *Sors tibi campum dedit, in quo excurrere virtus cognoscique possit!*

Antrittsrede des Hrn. Schwarzschild.

Die Astronomie ist eine uralte Wissenschaft, und den Angehörigen der Astronomenzunft sind besondere Kenntnisse und Gebräuche von alters her überkommen, so gut wie unsern Schustern und Schlossern, die ihre Werkzeuge und ihre Fertigkeiten seit wenigstens 2000 Jahren fast unverändert forterben. Daher sind auch die Astronomen unter sich geneigt, nur den als voll anzuerkennen, der seine Lehrzeit gedient hat und sein nach altem Brauch gefertigtes Meisterstück vorweisen kann, und aus demselben Grunde scheint die jüngere Umwelt vielfach die Astronomie zwar als etwas Ehrwürdiges anzusehen, aber zugleich als etwas Mittelalterliches und Vergilbtes, die Astronomen selbst als das erstarrte Priestertum einer erhabenen, aber ergrauten, von Riten überwucherten Lehre. Oder stärker und vielleicht schon zu stark ausgedrückt: Man erkennt die gute Herkunft der Astronomen an, hält sie aber für etwas degenerierte Subjekte, die vorwiegend in der äußeren Form, der Genauigkeit ihrer Rechnungen und dem eifrigen Gebrauch der Methode der kleinsten Quadrate die alte Kultur bewahren.

Ganz gewiß ist das eine Verkennung der Astronomie der Gegenwart. Natürlich hat die Astronomie ihre Besonderheiten, ihre unendlichen Zahlenrechnungen, ihre Sternkataloge. Natürlich macht sie nicht

leicht so explosive Fortschritte, wie z. B. die Physik in den letzten Jahrzehnten, denn sie kann die Experimente nicht in gleicher Weise häufen, sie ist vielfach darauf angewiesen, den langsamen Wandel der Gestirne abzuwarten, bevor sie zu neuen Resultaten gelangen kann. Aber nichtsdestoweniger — die Astronomie der Gegenwart zehrt nicht nur von der Tradition, sie lebt auch nicht nur vom Abglanz der Erhabenheit ihres Gegenstandes, der Unendlichkeit der Welt in Raum Zeit, sie ist vielmehr ein lebendiges Glied der gesamten jetzigen Naturwissenschaft, deren Pulsschlag auch sie durchdringt und zu deren voller Entwicklung sie wiederum notwendig ist.

Die Astronomen unterscheiden sich von andern Leuten dadurch, daß sie mit großen Fernrohren hantieren. Aber das Fernrohr ist ein physikalisches Instrument. Die ganze geometrische Optik und zum guten Teil auch die Kunst der Feinmechanik ist am Fernrohr und seiner Montierung groß geworden. Die Arbeit, in der Fraunhofer den Grund zur Spektralanalyse gelegt hat, war nach ihrem Untertitel ausgeführt »in bezug auf die Vervollkommnung der achromatischen Fernrohre«.

Die Astronomen sind ferner Spezialisten des Newtonschen Gravitationsgesetzes. Aber das Newtonsche Gesetz ist das Vorbild aller bisher in der Mechanik und Physik verwandten Kraftgesetze, und die Physiker sind vielleicht nur darum weniger Spezialisten als die Astronomen, weil sie noch kein derartig generelles, das ganze Gebiet beherrschendes Kraftgesetz besitzen. Dabei berührt sich das höchste noch ungelöste Problem der Himmelsmechanik, das sogenannte Vielkörperproblem, aufs engste mit einem Problem der Physik, das an die Fundamente ihrer neuesten Entwicklung greift. Das Vielkörperproblem verlangt eine Antwort auf die Frage, welche Stellungen die die Sonne umkreisenden planetarischen Massenpunkte infolge ihrer gegenseitigen Anziehung nach beliebig langen Zeiten einnehmen werden. Es ist wahrscheinlich, daß die Planeten im Lauf ungeheurer Zeiträume in alle möglichen nur denkbaren Stellungen gelangen, bei denen Energie und Impuls des Gesamtsystems ihre vorgegebenen Werte behalten, daß das Planetensystem in diesem Sinne völlig instabil ist. Aber bewiesen ist das nicht trotz der unheimlich tiefgehenden Schürfungen Poincarés. Im Wesen mit diesem Instabilitätssatze identisch, vielleicht noch wahrscheinlicher, aber ebenso unbewiesen ist die Behauptung von der ergodischen Natur gewisser mechanischer Systeme, die dem Satz von der Gleichverteilung der Energie zugrunde liegt. An dem Satz von der Gleichverteilung der Energie hängt aber die Frage, ob unsre bisherige Mechanik für Körper von Molekülgröße beibehalten werden kann oder ob sie, wie das überwiegend wahrscheinlich ist, durch Hrn. Plancks Quantenhypothese ersetzt werden muß.

Es kann weiter angeführt werden, daß eine wichtige Quelle für die Elektronen- und Relativitätstheorie in einem astronomischen Probleme lag. Die astronomische Aberration ist eine Folge der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Äther verbunden mit der Bewegung der Erde im Weltraum. H. A. Lorentz hat sich vielfach mit der Theorie der Aberration beschäftigt und nach einer befriedigenden Anschauung über das Verhalten des Äthers, wenn große Massen, wie die Erde, sich durch ihn hindurchbewegen, gesucht, bis er schließlich den Knoten zerhieb durch völlig konsequente Durchführung der alten Fresnelschen Annahme, daß der Äther absolut starr und durch keine auf ihn wirkende Kraft zum Fließen zu bringen sei. Dadurch war die Bahn frei geworden für die Elektronentheorie. Der völlig starre Äther trat ferner so sehr aus dem Kreis der beeinflußbaren und damit näher erkennbaren Objekte heraus, daß auch die Relativitätstheorie möglich wurde, bei welcher der Begriff des Äthers nur als ein durch neue Erfahrungen vertiefter Raum-Zeitbegriff erscheint.

Elektronentheorie und Relativitätstheorie haben auch rückwärts der Astronomie schon wieder mancherlei Probleme gestellt infolge der Modifikationen der Himmelsmechanik, die sie notwendig machen. Leider handelt es sich dabei stets um Größen höherer Ordnung, die zur Zeit noch gerade unter der Grenze der Beobachtungsgenauigkeit liegen. Aber vergönnen Sie uns noch 50 Jahre weiterer Planetenbeobachtungen mit modernen Meridiankreisen oder denken Sie die Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitermonde — etwa mittels der lichtelektrischen Zelle — verfeinert oder lassen Sie die neuen Interferenzmethoden auf die Beobachtung von Fixsternen anwendbar werden: dann wird auch die Genauigkeitssteigerung erfolgen — im Planetensystem der Schritt von der 6. bis 7. zur 7. bis 8. Dezimale — die über die Gültigkeit der neuen Theorien unter coelestischen Bedingungen entscheidet.

Ganz besonders eng ist die Beziehung der Astronomie zu den andern exakten Naturwissenschaften natürlich auf dem Gebiete der Astrophysik. Das Dopplersche Prinzip gibt uns die Geschwindigkeiten der Sterne, die Spektralanalyse ihre chemische Zusammensetzung, das Strahlungsgesetz eine Anschauung von ihren Temperaturen. Dabei ist die Astrophysik manchmal der irdischen Physik voraus. So kennen wir in den Nebelflecken ein Element, das nach seinen Spektrallinien zweifellos ein Element sein muß, das die Astronomen Nebulium nennen und dessen Entdeckung auf der Erde zukünftige Aufgabe der Chemiker ist. Ein besonderes Desideratum haben wir zur Zeit wieder an die Physik. Wenn der Mechanismus des Leuchtens der Gase so weit aufgeklärt werden könnte, daß sich mit einiger Bestimmtheit sagen ließe, warum die Spektrallinien der Sterne so außerordentlich ver-

schieden aussehen, bald schmal, bald breit, bald scharf begrenzt, bald verwaschen, dann würden wir sicherlich im Verständnis der physikalischen Verhältnisse in den Sternatmosphären eine Stufe weitergekommen sein und vielleicht auch ein bindenderes Urteil über die absolute Leuchtkraft der Sterne auf Grund ihrer spektralen Eigentümlichkeiten gewonnen haben. Die absolute Leuchtkraft der Sterne zu erfahren, ist darum ein so wichtiges Ziel, weil aus der Kenntnis der absoluten Leuchtkraft der Sterne, verbunden mit ihrer unmittelbar zu beobachtenden scheinbaren Helligkeit, sich ihre Entfernung und damit eine allgemeine Kenntnis der räumlichen Anordnung des Universums ergibt.

So ist der lebendigen Beziehungen zwischen der Astronomie und den Nachbarwissenschaften kein Ende. Je deutlicher das für die Vergangenheit ist, um so mehr werden Sie mir verzeihen, daß ich es auch durch Zukunftshoffnungen zu belegen suchte. Mathematik, Physik, Chemie, Astronomie marschieren in einer Front. Wer zurückbleibt, wird nachgezogen. Wer vorauseilt, zieht die andern nach. Es besteht die engste Solidarität der Astronomie mit dem ganzen Kreis der exakten Naturwissenschaften. Das ist eine Überzeugung, die ich gegenüber Anschauungen, welche die Astronomie auf einen Isolierschemel setzen wollen, bei dieser feierlichen Gelegenheit um so lieber betone, als sie gewiß von der Mehrheit dieses Kreises geteilt wird. Wer von Ihnen im praktischen Leben steht, der schätzt vielleicht sogar die Astronomie über Gebühr hoch ein, weil er bei der Physik ernüchtert wird durch ihren bereits allzu engen Kontakt mit der täglichen Notdurft; die vom Irdischen unberührte Astronomie bleibt ihm aber die rechte Wissenschaft für Feiertagsgedanken. Innerhalb der Akademie selbst bin ich der Anerkennung der Astronomie als eines lebendigen Gliedes im Gesamtorganismus der Naturwissenschaften gewiß. Und damit darf ich mich zu Persönlichem wenden: ich bin mir bewußt, daß ich nur dieser Auffassung und nicht dieser oder jener meiner zerstreuten Arbeiten die Ehre verdanke, der Akademie anzugehören. Im Sinne dieser Auffassung darf ich es mir ja als etwas Gutes anrechnen, daß ich mein Interesse nie ausschließlich auf die Dinge jenseits des Mondes beschränken konnte, sondern öfter den Fäden folgte, welche sich von dort oben zur sublunaren Wissenschaft spinnen und daß ich auch manchmal dem Himmel ganz untreu geworden bin. Das ist ein Trieb ins Allgemeine, der unbeabsichtigt von meinem Lehrer Seeliger in mir gekräftigt worden ist und der dann bei Felix Klein und dem ganzen Kreis der Naturforscher in Göttingen weitere Nahrung fand. Dort galt die bewußte Devise, daß Mathematiker, Physiker und Astronomen eine Wissenschaft betrieben, die wie etwa die griechische

Kultur nur als Gesamtheit zu erfassen sei. Eine hohe Anschauung, der man nicht die utilitarische Frage entgegenhalten soll, ob man bei größerer Konzentration aus beschränkten Kräften einen größeren Nutzeffekt herausholen könnte.

Hier ist mir nun die Leitung des Astrophysikalischen Observatoriums bei Potsdam anvertraut. Diese großartige Schöpfung H. C. Vogels bedarf nur geringer Aufbesserung, um wenigstens unter den europäischen Sternwarten wieder mit an die erste Stelle zu rücken. Die bewährten Astronomen des Observatoriums, auf deren Mitarbeiterschaft ich stolz bin, bewahren die Tradition gewissenhafter systematischer Facharbeit. Ich betrachte es als wichtigen Teil meiner Aufgabe, diese Tradition auch fernerhin zu erhalten. Der Akademie bin ich aber vor allem dankbar dafür, daß sie mir durch die Aufnahme in ihrem Kreis ermöglicht hat, mit der Gesamtheit der Naturwissenschaften in Kontakt zu bleiben und von hier manche Erfrischung nach Potsdam mitzunehmen, ohne die wir Bergbewohner dort Gefahr laufen, welt- und wissenschaftsfremde Eremiten zu werden.

Erwiderung des Sekretars Hrn. Planck.

Fast mag es wie eine Art Anachronismus anmuten, wenn Sie, Hr. Kollege Schwarzschild, sich heute hier der Akademie als neueingetretenes Mitglied vorstellen. Weilen Sie doch schon seit Jahr und Tag in ihrer Mitte, und schmückt doch schon mehr als eine Frucht Ihrer Arbeit die akademischen Sitzungsberichte. Freilich, wenn man den Blick höher hebt und zurückschaut auf die Entwicklungsperiode des Ihrer Leitung anvertrauten Instituts, dann mag der Zeitpunkt Ihrer Aufnahme in die Akademie noch verhältnismäßig kurz zurückliegend erscheinen. Schon sind sechs Jahre verflossen, seit dem astrophysikalischen Observatorium der Schöpfer und erste Leiter, der Akademie eines ihrer anhänglichsten Mitglieder entrissen wurde, das ihr noch über das Grab hinaus durch eine hochherzige Stiftung ein fortwirkendes Zeichen seiner Hingebung bewiesen hat. Je nachhaltiger sich die Verdienste Hermann Vogels um sein Institut auch in der Folgezeit geltend machen, desto mehr Genugtuung wird die Akademie bei Ihrer Zusicherung empfinden, daß die von ihm überkommene Tradition gewissenhafter systematischer Facharbeit, gepflegt von den bewährten Astronomen des Observatoriums, auch fernerhin aufrechterhalten und sachgemäß fortgebildet wird.

Aber Sie haben sich Ihre Ziele noch weiter und in manchem Sinn höher gesteckt als Ihr Vorgänger. Ihre Auffassung von der Aufgabe, die Ihnen mit der Übernahme Ihres Amtes gestellt wurde, ist,

wie Sie uns soeben meisterlich auseinandergesetzt haben, durchdrungen von der Überzeugung, daß weder die Astronomie noch die Astrophysik sich genügend vielseitig fortentwickeln kann, wenn man nicht ihre Beziehungen zur allgemeinen Physik und Chemie derart pflegt und fördert, daß sie mit jenen zu einem einzigen Ganzen zusammenwächst, dessen Teile sich gegenseitig ergänzen und stützen. Diese Auffassung bestimmt vom Anbeginn Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit an die Richtung Ihrer Arbeiten. Und die Früchte sind nicht ausgeblieben. Mögen Sie das thermodynamische Gleichgewicht des Sonnenkörpers, mögen Sie den Weg der Lichtstrahlen von ihrer Emission an, ihren Druck auf die kosmischen Massenteilchen, ihren Gang durch das Teleskop, ihre schwärzende Wirkung auf den Film untersuchen, stets stellen Sie die physikalisch-chemische Forschung in den Dienst der astronomischen, und machen dadurch reiche Ernte.

Aber Ihr letztes, höchstes Interesse gehört doch — sofern ich Sie richtig beurteile — den Prinzipienfragen. Dem Prinzip der kleinsten Wirkung haben Sie in einer schlichten, aber dafür um so eindrucksvolleren Abhandlung die Elektronentheorie unterworfen, und das große Stabilitätsproblem beschäftigt Sie von Ihrer Münchener Zeit her bis zum heutigen Tage.

Seltsam und doch gewiß nicht zufällig, daß gerade in diesem nämlichen Problem die scheinbar entgegengesetzten Gebiete der exakten Naturforschung: die Astronomie und die Molekularphysik, zusammentreffen. Und es wäre gewiß nicht das schwächste Kennzeichen für die Ebenbürtigkeit des menschlichen Geistes mit der von ihm in heißem Ringen umworbenen Natur, wenn es ihm gelingen sollte, mit den nämlichen Methoden die Stellarstatistik und die Molekularstatistik zu bewältigen, in einem ungeheuren Gedankensprung die Fixsterne mit den Molekülen vertauschend. Dann mag auch die Erwartung nicht allzu gewagt erscheinen, daß die Lösung der Aufgabe in beiden Fällen ein einigermaßen analoges Gepräge tragen wird.

Sie drücken sich in dieser Beziehung sehr vorsichtig aus, wie sich das für einen richtigen Astronomen geziemt; die Physiker müssen in ihren Behauptungen schon etwas kühner sein, um ihre Sache vorwärts zu bringen, und so will auch ich mit meiner Überzeugung nicht zurückhalten, daß die Grundlage der ganzen bisherigen statistischen Mechanik, die Hamiltonschen Differentialgleichungen, zwar in vielen Fällen, bei nicht zu schnellen Zustandsänderungen, als eine ausgezeichnete Näherung, aber im allgemeinen keineswegs als der exakte Ausdruck der Bewegungsgesetze zu betrachten sein möchten. Was an ihre Stelle zu treten hat, wird sich freilich nicht mit einem Schlage durch hochfliegende Spekulationen, sondern nur langsam und stückweise, durch

mühsame, Schritt für Schritt vom Einzelnen zum Allgemeinen aufsteigende Sammelarbeit herbeischaffen lassen.

Es erübrigt sich, des näheren auszuführen, daß eine Arbeitsrichtung wie die Ihrige, die allenthalben nach Berührungspunkten sucht, die überall in dem Vielen die Einheit erblickt, für die akademische Tätigkeit wie prädestiniert erscheint. Möge solcher Wechselwirkung im Gedankenaustausch mit Ihren Kollegen noch manches schöne Resultat entsprießen, und mögen Sie recht häufig als Gegengabe für das hier Empfangene eine Probe Ihrer frischen Höhenluft vom Telegraphenberg in unsern immerhin etwas schwüleren Sitzungssaal mitbringen.

Antrittsrede des Hrn. Schuchhardt.

Die Akademie hat durch meine Wahl bekundet, daß sie die vorgeschichtliche Forschung, die so lange auf dilettantischen Pfaden geschlendert ist, für reif hält, in einer auserlesenen wissenschaftlichen Tafelrunde zu erscheinen. Ich bin mir der hohen Ehre und der hohen Verantwortung, die dies Votum in sich birgt, voll bewußt und werde meine Kräfte mit Freuden dafür einsetzen, daß die junge Wissenschaft mit ihren älteren Gefährtinnen in diejenige Verbindung komme, die für ihr Gedeihen nötig scheint.

Ich bin ihr selbst nicht von Anfang an zugewandt gewesen. Aber wenn ich den springenden Punkt meiner Arbeit bezeichnen soll, so liegt er trotz Pergamon und Troja-Mykenä darin, daß ich die Methode und die Erfahrung der klassischen Archäologie auf Deutschland übertragen habe. Als ich in verhältnismäßig jungen Jahren Museumsdirektor in meiner Vaterstadt Hannover wurde, habe ich bewußten Abschied genommen von der klassischen Archäologie. Ich mußte mir sagen, daß ich die Mittelmeerländer nur in großen Zwischenräumen, und dann nur auf kurze Zeit würde wiedersehen können. Archäologie aber nur aus Büchern treiben mochte ich nicht; sie war für mich eine Wissenschaft des Auges und der Hand, in der die Beobachtung im Gelände, das Messen und Zeichnen, die stilistische Einordnung der Funde die Hauptrolle spielt. So wandte ich mich dem zu, was vor meiner Türe lag, und wenn es auch nicht das übliche Urnengraben war, was mich verlockte, so ließ ich mich doch ohne viel Widerstreben hineinziehen in die damals brennende Frage — es war kurz nachdem Mommsen die Varusschlacht im Osnabrückschen angesetzt hatte —, ob nicht eine Menge von kleinen rechteckigen Befestigungen in Hannover und Westfalen römisch sei und durch ihre Verteilung im Gelände uns über den Verlauf der Römerkriege Aufschluß geben könne. Eine mehrjährige Arbeit an dieser Frage hat mich zu einem

ganz unerwarteten Ergebnis geführt: die Anlagen erwiesen sich als befestigte Königshöfe Karls des Großen, die an den Land- und Wasserstraßen etappenweise ins Sachsenland vorgetrieben sind. Sie waren die Verpflegungsstationen für das Heer und die Stützpunkte für die erste Verwaltung des Landes. Durch sie hat der Frankenkönig erreicht, was den Römerkaisern versagt geblieben war, des weiten Gebietes zwischen Rhein und Elbe Herr zu werden. Auf diesen Königshöfen sind dann die ältesten Bischofssitze in Sachsen erstanden: Paderborn, Osnabrück, Bremen, Verden, Hildesheim, auf ihnen die ersten großen Klöster, wie Corvey, Rulle, Barsinghausen, Wennigsen. Die Form der Königshöfe hat sich in den Normannenburgen und den Schlössern der Deutschordensritter fortgesetzt.

Von da an sind die Befestigungen, die Burgen, die Leitsterne meiner Forschung geworden. Ich hatte sie als archäologische Werte von stärkster und weitester Bedeutung erkannt. Die Burgen sind die Sitze der politischen Verwaltung gewesen von früh bis spät. Wie uns schon von den »Pagoi« des Servius Tullius berichtet wird, die er zum Schutze der Landbevölkerung gebaut hat, daß in jedem ein Vogt wohnt, der die Listen führt, die Steuern erhebt und im Kriegsfall das Aufgebot erläßt, so weiß auch der sächsische Helianddichter nicht anders, als daß in der Burg der Bote des Kaisers sitzt, der alle aufschreibt, die zu ihr gehören und nicht versäumt, einem jeden die Kopfsteuer abzunehmen. Eine Burg hat man nie zum Vergnügen gebaut, sondern nur wo es galt, Gefährdetes zu schützen. Darum bezeichnen die vielen bronzezeitlichen Burgen in der Mark und der Lausitz die schwierige Lage der Suebenvölker, die damals die Ostmark des Germanentums hielten, und die Donau hinunter haben sich schon steinzeitlich die Burgen entwickelt, die nachher im troisch-mykenischen Kreise als Herrensitze auftreten. Auf der suebischen »Römerschanze« bei Potsdam habe ich auch ein stattliches Haus gefunden, genau von dem Grundriß der Megara von Troja, Tiryns und Mykenä. Der Boden aber, auf dem das Griechentum zur Vollendung gekommen ist, steht in altem Kulturzusammenhange mit Westeuropa, wo das runde Haus und die Hockerbestattung bis ins Paläolithikum zurückgehen, der Heroenkult zuerst geblüht hat und die älteste Leder- und Kupferarbeit zu Hause ist.

Mit alledem hat meine Forschung einen Kreislauf gemacht: das Germanische hat mich dahin zurückgeführt, wo ich einst mit dem Griechischen begonnen hatte und dies wieder sich mit Spanien, Frankreich und den Rheinlanden verknüpft. Einen solchen Kreis aber, der die Kulturentwicklung von Alteuropa bedeutet, nicht bloß abzutasten, sondern wirklich zu erforschen, übersteigt die Kräfte einer einzelnen Wissenschaft, dazu gehört eine Akademie der Wissenschaften. Und

auch die Akademie wird nur dann mit festen Schritten vorwärtskommen, wenn ihr von außen her der Weg geebnet wird, wenn eine Einrichtung, wie sie für die klassisch-archäologische, für die orientalische und ägyptische, ja seit einiger Zeit auch für die römisch-germanische Forschung besteht, endlich auch für die rein germanische geschaffen wird. Eine größere offizielle Fürsorge für die heimischen Altertümer, für ihre Erhaltung wie für ihre Untersuchung, ist eine Forderung des Tages. Daß sie, wenn auch nicht in Tagen, so doch in absehbaren Jahren, erfüllt werde, das wird hoffentlich das Schwergewicht der rasch erstarkenden germanischen und europäischen Vorgeschichtsforschung, verbunden mit dem tätigen Wohlwollen, das ich die Akademie bitte ihr entgegenzubringen, von selbst bewirken.

Erwiderung des Secretars Hrn. Roethe.

Die Akademie freut sich, in Ihnen, Hr. Schuchhardt, nicht nur ein neues tätiges, gedanken- und plänereiches Mitglied zu begrüßen, sondern zugleich einer neuen Wissenschaft ihre Pforten zu öffnen. Die Frage schiert uns wenig, ob die Prähistorie in Bausch und Bogen als akademiereif gelten darf: denn Ihre Forscherpersönlichkeit hat unser volles Vertrauen, und der tüchtige Mann bricht seiner Wissenschaft, wie billig, die Bahn.

Freilich, der erste Herold der Prähistorie in der Akademie sind Sie nun doch nicht. Schon vor 140 Jahren hat der alte kränkelnde Joh. Georg Sulzer, als er sich zur Erholung 1775 in Nizza aufhielt, dort einen Bronzenagel aus einem Kalksteinbruch nachdenklich betrachtet und seine Meditationen in den Memoiren der Akademie niedergelegt: er schob ihn vor den Trojanischen Krieg, wußte aber sonst nicht viel mit ihm anzufangen. Sehr viel glücklicher hat dann eine Generation später Goethes kunstverständiger Freund Alois Hirt seine Liebe für das Charakteristische auch darin betätigt, daß er ohne vornehmes Naserümpfen Methode und Gelehrsamkeit an »Denkmäler der nordischen Völker« setzte, angeregt durch bescheidene, obendrein von ungeschickten Spaten arg beschädigte Gefäßfunde, die ihm die Rollberge in der Hasenheide geboten hatten. An flottem Zufassen fehlt es bei ihm sowenig wie an Umsicht und selbst Vorsicht. Aber die Technik der Untersuchung, schon des Grabens selbst, steckte noch ganz in den Kinderschuhen: wie hätte er sich gewundert, wenn er unter Ihrer Führung erlebt hätte, was ein dem Laien kaum sichtbares Pfostenloch der Nedlitzer Römerschanze Ihrem geschulten Auge und Denken verraten hat.

In der Prähistorie, die es sich zur Aufgabe stellt, aus kargen Bodenfunden ganze Welten ferner und fernster Vergangenheit auf-

erstehn zu lassen, liegt ein gefahrvoller Anreiz zur verwegnen methodischen Überschätzung von Konstruktion und Kombination. Wie vielen Ihrer Fachgenossen kosten Jahrtausende weniger Skrupel, als dem Historiker mittlerer und neuerer Zeit die bloßen Jahre und Tage sie bereiten. Sie, Hr. Schuchhardt, hat dreierlei vor Extravaganzen behütet: einmal die gute Schule der klassischen Archäologie, von der der Prähistoriker zu lernen hat, wie alle Philologien von der klassischen gelernt haben; dann der Respekt vor dem Einzelfall, den Sie mit Spaten, Auge und Hirn an Ort und Stelle exakt in seiner Sonderart bis aufs letzte zu erfassen sich gewöhnt haben; endlich ein gesunder historischer Sinn, der auch in der Bodenforschung mit Vorliebe das geschichtlich Faßbare aufsucht. Das Finder- und Forscherglück, mit dem Sie die viel verkannten Wehranlagen Ihrer westlicheren Heimat in helles geschichtliches Licht gerückt haben, hat Sie auch zu uns begleitet, und mit guter Zuversicht sehen wir aus Ihren letzten Worten weitreichende Pläne germanischer Archäologie auftauchen. Je breiter der Raum geworden ist, den deutsches Geistes- und Kulturleben allmählich in unserm Arbeitsprogramm gewonnen hat, um so willkommner ist uns die Aussicht, der akademischen Arbeit durch Sie, Hr. Schuchhardt, noch eine neue germanische Provinz zu erobern.

Antrittsrede des Hrn. Beckmann.

Als Mitglied der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften habe ich oft genug Gelegenheit gehabt, die hervorragende Bedeutung der Kgl. Preuß. Akademie im Kreise der gelehrten Gesellschaften kennen zu lernen. Dieser nun auch selbst anzugehören, ist mir eine hohe Ehre, und zwar um so mehr, als ich in derselben an die Seite zweier besonders hochgeschätzter chemischer Fachkollegen trete.

Schon früh wurde ich durch das Fabriklaboratorium meines Vaters auf die angewandte Chemie hingewiesen. Da aber meinen Angehörigen die Chemie allein nicht als sicherer Beruf galt, widmete ich mich zunächst der pharmazeutischen Laufbahn. Nach Absolvierung der Lehr- und Wanderjahre ging ich zu Remigius Fresenius in Wiesbaden. Unter den Schülern Liebigs hat sich dieser auf die Analyse beschränkt und ist darin Meister und Muster geworden. Mit Empfehlung von Fresenius und angezogen durch die pharmazeutisch wichtige Synthese der Salizylsäure kam ich zu Kolbe und von Meyer in Leipzig. Kolbe imponierte mir mit seiner festen Überzeugung und seinem Mut in der Prognose. Erfreulicherweise gelang es mir, aus organischen Sulfiden die von ihm gewünschten Derivate der schwefligen und Schwefelsäure zu gewinnen.

Leider verbannten mich diese Versuche wegen des üblen Geruchs lange Zeit aus Kolbes direkter Nähe. Gesellig war Kolbe voller Liebenswürdigkeit und Humor, aber die konstante Valenz und der Benzolring Kekulés sowie das asymmetrische Kohlenstoffatom van't Hoffs fanden keine Gnade vor seinen Augen.

Meine erste größere Arbeit aus eigener Initiative entstand im Institut von Robert Otto in Braunschweig — im Anschluß an den mir übertragenen analytischen Unterricht; sie handelte über neue Verbindungen der Tonerde mit Baryt.

Zu Kolbe zurückgekehrt, kam ich infolge meiner Bekanntschaft mit der Industrie ätherischer Öle zu Untersuchungen über Bestandteile des Pfefferminz-, Poley- und Kampferöls, wie Menthon, Pulegon usw. Diese von Zeit zu Zeit wieder aufgenommenen Arbeiten werden auch jetzt noch fortgeführt werden.

Nach dem bald erfolgten Tode Kolbes kam Wislicenus an seine Stelle und damit der begeisterte Anhänger von Kekulé und van't Hoff. Wislicenus brachte van't Hoffs Ideen in der organischen Chemie mit durchschlagendem Erfolge zur Geltung und Entwicklung. Auch für die Deutung meiner isomeren Menthone erwiesen sich diese Anschauungen als nützlich.

Wichtiger aber wurde für mich das Studium der Oximidoverbindungen. Dasselbe förderte eine Umlagerungsreaktion der Oxime in Amide zutage, die gezeigt hat, wie leicht die sonst so feste einfache Kohlenstoffbindung und die Kohlenstoffringbindung gelöst werden können. Für die Bestimmung von Konstitutionen und zum Abbau von Verbindungen z. B. in der Terpenchemie findet sie sehr allgemeine Anwendung.

Von besonderer Bedeutung war meine Übersiedlung in das Laboratorium von Wilhelm Ostwald, zur Übernahme der pharmazeutischen Abteilung, bei dessen Berufung nach Leipzig. Dadurch kam ich alsbald in nahe Fühlung mit der physikalischen Chemie und auch in Verkehr mit einer Reihe von weiteren jetzt bedeutenden physikalischen Chemikern, wie Nernst, Arrhenius, Le Blanc und Tammann. Dem Anreiz, den die rasch aufblühende Disziplin nach allen Seiten übte, konnte auch ich mich nicht verschließen. Für die Deutung von zarten Isomerien, welche ich bei den Aldoximen aufgefunden hatte, war vor allem die Kenntnis der Molekulargewichte notwendig; sie ließ sich aber bei der Veränderlichkeit der Substanz, durch welche z. B. eine Dampfdichtebestimmung ausgeschlossen wurde, nach den seiner Zeit üblichen Methoden nicht erlangen. Dagegen ermöglichte die gerade auftauchende kryoskopische Methode von Raoult—van't Hoff, welche nur Löslichkeit in einem gefrierbaren Lösungsmittel voraussetzte, eine

Entscheidung. Zwar gestatteten die Resultate nicht sofort eine einfache Deutung, es gelang mir aber der Nachweis, daß Abweichungen vom einfachen Wert auf der verschiedenen dissozierenden Kraft der Lösungsmittel beruhe. Nach Auswahl des geeigneten Lösungsmittels ließen sich alle Zweifel beseitigen.

Später hat NERNST diese dissozierende Kraft in glückliche Verbindung mit der Dielektrizitätskonstanten gebracht.

Die Isomerie der Aldoxime gab in der Folge den Anstoß zur Begründung der Stereochemie des Stickstoffs durch HANTZSCH und WERNER.

Unter Beteiligung von ARRHENIUS gelang es mir, der Kryoskopie oder Gefriermethode eine Ebullioskopie oder Siedemethode gleichwertig zur Seite zu stellen. Diese Methoden sind jetzt nicht nur für die Bestimmung von Molekulargewichten, sondern auch für die Beurteilung von Lösungen und der darin stattfindenden Vorgänge von allgemeinster Bedeutung geworden. Deren apparative Ausgestaltung, Sicherung und damit unternommene Studien über wissenschaftliche wie praktische Probleme haben mich viele Jahre in Gießen, Erlangen und Leipzig beschäftigt.

Im Anschluß daran versuchte ich auch für andere physikalisch-chemische Methoden z. B. die BUNSENsche Spektralanalyse und die Beobachtung der optischen Drehung verbesserte Laboratoriumseinrichtungen zu schaffen.

Schließlich sei erwähnt, daß ich durch Planung bzw. Ausführung von Laboratoriumsbauten in Gießen, Erlangen und Leipzig viel in Anspruch genommen worden bin. Für Berlin habe ich mich bei den Plänen für eine »Chemische Reichsanstalt« sowie bei der Errichtung des nachher an ihre Stelle getretenen »Forschungsinstituts«, des »Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie« Jahre hindurch betätigt. Nunmehr, nachdem letzteres großenteils fertig gestellt ist, hoffe ich, mich wieder ungestört chemischen Untersuchungen hingeben zu können.

Zunächst werden mich die Bildung und der Zerfall der Substanzen beim Lösungsvorgang weiter beschäftigen. Außer einer elektrolytischen, hydrolytischen und thermischen Dissoziation scheinen noch andre Einflüsse des Lösungsmittels zu bestehen, welche ev. zur Verkleinerung des Moleküls führen. Für die Technik können die lockeren Anlagerungen von Lösungsmitteln, wie ich sie z. B. bei den braunen Jodlösungen im Gegensatz zu den violetten angenommen habe, großen Wert besitzen; dieselben dürften unter Umständen die Reingewinnung von Substanzen erleichtern.

Sind erst Mittel vorhanden, die beim Institut vorgesehene technische Abteilung zu bauen, beabsichtige ich von solchen Gesichtspunkten aus z. B. die fraktionierte Destillation aufs neue zu studieren. Vielleicht werden dann auch systematische keramische Untersuchungen

ausgeführt, welche eine Verbesserung des Materials und Erleichterungen bei der Verarbeitung herbeiführen könnten. Auch den Gebieten der pharmazeutischen, medizinischen und Nahrungsmittelchemie wird mein Augenmerk zugewandt bleiben.

Für die neuen Forschungsinstitute ist es von großem Wert, daß die gelehrten Akademien sich bereit erklärt haben, in den wissenschaftlichen Beirat Delegierte zu entsenden und daß die Kgl. Preuß. Akademie sich entschlossen hat, Angehörige der Forschungsinstitute in ihre Reihe aufzunehmen. Das dadurch bewiesene Entgegenkommen werde ich, soviel in meinen Kräften steht, zu rechtfertigen suchen. Für das in mich gesetzte Vertrauen spreche ich meinen verbindlichen Dank aus.

Erwiderung des Sekretars Hrn. Planck.

Die Freude, Sie, Hr. Kollege Beckmann, im Kreise der Akademie willkommen zu heißen, ist durch einen ganz besonderen Grad von Reinheit ausgezeichnet; denn sie mischt sich nicht, wie das sonst fast immer bei solcher akademischen Begrüßung der Fall ist, mit dem Schmerz über einen vorangegangenen unersetzlichen Verlust. Ihr Eintritt in die Akademie, an die erste der für Leiter von Kaiser Wilhelm-Instituten bestimmten Stellen, ist ein glatter Gewinn für dieselbe, ein Geschenk, das sie mit dem geziemenden Dank gegen ihren Allerhöchsten Protektor, sowie gegen alle an der Schaffung dieser Stellen beteiligten Instanzen in Empfang nimmt. Bei dem hohen Wert, den die Akademie auf die Pflege naher Beziehungen zu den Forschungsinstituten der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft legt, weiß sie um so mehr die beruhigende Gewißheit zu schätzen, daß es von nun an niemals zu der leisesten Differenz zwischen dem Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie und dem hierfür sachverständigsten Mitglied der Akademie kommen kann.

Aber die neue Bereicherung ihrer Mitgliederzahl hätte für die Akademie bei weitem nicht ihren vollen, wirklichen Wert, wenn sie in Ihnen nur den Institutsleiter und nicht vor allem den Gelehrten und Forscher sehen würde, den sie mit Rücksicht auf seine Stellung in der Wissenschaft aus eigner, freier Wahl sich beizugesellen wünschte. Lange bevor Sie von der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hierher berufen wurden, hatte, wie Sie wissen, die Berliner chemische Wissenschaft ihren Blick auf Sie gerichtet, und wir dürfen den heutigen Tag, der Ihrer akademischen Stellung die Weihe gibt, zugleich auch begrüßen als das erfreuliche Schlußglied einer Kette von Verhandlungen nicht immer einfacher Natur, die sich durch manche Jahre hindurchgezogen haben.

Nun ist das erstrebte Ziel erreicht, Sie sind der unsre geworden, und mit Ihnen ist dem Organismus der Akademie eine neue Kraft erstanden, die sich in ihrem vorwärts treibenden Arbeitsdrang so wenig wie durch üble Gerüche, so wenig auch durch theoretische Vorurteile zurückhalten läßt. Das beweist der bisherige Verlauf Ihres wissenschaftlichen Lebensganges, das zeigen auch die Pläne, welche Sie für die Zukunft entwickeln. Den verschiedensten Gebieten der Chemie, von den delikaten Isomerieproblemen der organischen Chemie bis zu den Molekulargewichtsfragen der physikalischen Chemie, hat Ihre Arbeit schon Früchte entlockt. Überall, wo Sie angriffen, haben Sie die Bedingungen für rationelle, solide Messungsmethoden entweder geschaffen oder verbessert.

Die Beckmannsche Umlagerung, der Beckmannsche Siedeapparat haben von Gießen, Erlangen, Leipzig aus Ihrem Namen alle chemischen Laboratorien erobert. Möge Ihnen auch von Ihrem Dahlemer Institut aus noch mancher bedeutende Wurf gelingen!

Antrittsrede des Hrn. Loeschcke.

Als ich vor 36 Jahren zur Studienfahrt in den Süden rüstete und, um mir den Reisesegen zu holen, zum erstenmal vor Theodor Mommsen stand, als ich auf seine Frage nach Zweck und Ziel der Reise jugendlich übersprudelte von weitgespannten Plänen, da sagte er mir: »Möge sich das alles erfüllen; aber Sie werden bald lernen, daß der Gelehrte sich seine Arbeit nur selten frei wählen darf, daß sie ihm vielmehr durch den jeweiligen Stand der Wissenschaft und den Platz, auf dem der Einzelne steht, gebieterisch befohlen wird.«

Das Wort des großen und gütigen Mannes hat sich an mir in voller Strenge erfüllt und klingt mir in dieser Stunde im Ohr. Fast nie konnte ich landen, wohin ich gesteuert hatte. Die Höhen und Tiefen griechischer Kultur zu erforschen und, was unsterblich an ihr ist, festzuhalten für unser Gegenwartsleben — davon träumte der Knabe, und ein gut Teil des Lebens ist vergangen in Beobachtung barbarischer Zivilisationen vorgriechischer und nachgriechischer Zeit. Mit Hilfe der Inschriften am Ausbau griechischer Geschichtswissenschaft mitwirken zu dürfen, hoffte der junge Bonner Doktor, und schriftlose Zeiten oder doch Zeiten, deren Schrift man nicht deuten kann, und wiederum Epochen, in denen die Kenntnis der Schrift schon wieder schwindet, wurden ihm als Arbeitsplatz angewiesen. In die schwere Kunst, durch wissenschaftliche Ausgrabung Denkmäler zum Reden zu bringen, hoffte ich in Griechenland eingeführt zu werden. Vergebens. Sollte ich sie doch ein wenig erlernt haben, so verdanke ich das den

baltischen Provinzen und ihrer Heimatsforschung und der Ausgrabung römischer und vorrömischer Anlagen am Rhein. Aber ich klage nicht, sondern bin dankbar, daß ich nie im Zweifel war, welcherlei Arbeit Ort und Stunde von mir forderten und daß ich jede Aufgabe, die mir zufiel, historisch anfassen durfte. Freilich ein wissenschaftlicher Arbeitsplan, konsequent eingehaltene Richtlinien der Forschung, wie ich sie jetzt aufweisen sollte, sind bei solchem Leben im Zickzack und, füge ich hinzu, bei meinem Temperament, das mit allen Fasern zur vita activa hindrängt, nur schwer und mit starker Stilisierung zu konstruieren. Aber drei wissenschaftliche Gebiete darf ich vielleicht kurz bezeichnen, auf denen ich mit besonderer Freude tätig war. Das ohnehin schon weite Reich der antiken Kunstgeschichte und Denkmälerkunde hat im letzten Menschenalter einen Zuwachs von zwei neuen großen Provinzen erhalten: die Vorgeschichte der griechischen Kultur und die römisch-germanische Forschung in wissenschaftlicher Ausgestaltung. Ich hatte das Glück, an der Wiege beider Disziplinen stehen zu dürfen. Denn als ich im Frühjahr 1878 nach Athen kam, beherrschte Schliemanns Entdeckung der mykenischen Königsgräber das allgemeine Interesse; chaotisch wogten die Versuche, den märchenhaften Fund zu deuten, aber eine wissenschaftliche Bearbeitung desselben war an keiner Stelle in Angriff genommen. Ich halte es noch heute für richtig, daß Adolf Furtwängler, der Unvergeßliche, und ich keck die Sammlung und Ordnung der Keramik begannen, dabei nachwiesen, daß in der zweiten Hälfte des zweiten Jahrtausends das ganze östliche Mittelmeerbecken einschließlich Unteritaliens und Siziliens ein einheitliches, befriedetes Handelsgebiet war, daß die Ornamentik durchaus originell und die Träger der mykenischen Zivilisation im Peloponnes Griechen waren. Seit jener Zeit ist das mykenische Problem nicht zur Ruhe gekommen, auch die Funde auf Kreta haben es vertieft, nicht gelöst. Wahrscheinlich bietet die »mykenische Frage« noch für Generationen reichen Forschungsstoff und wird erst zugleich mit der »homerischen« durch konzentrische Arbeit aller Disziplinen der Altertumswissenschaft der Beantwortung so nahe gebracht, wie es überhaupt möglich ist.

Meine Arbeit auf römisch-germanischem Gebiet war die Folge meiner Übersiedelung nach Bonn. Die Reichslimeskommission war begründet, Freiwillige wurden aufgerufen, an den einzelnen Strecken die Arbeit im Terrain auszuführen. Da ein Geeigneterer sich in der Rheinprovinz nicht fand, übernahm ich die mir völlig fremde Aufgabe; und der Ertrag lohnte. Als es gelang, unter den Fundamenten der Steintürme die Reste älterer Holzbauten aufzufinden, war die historische Aufgabe gestellt: nicht nur der Verlauf der römischen Grenz-

wehr war zu verfolgen, sondern auch die Geschichte ihrer Entstehung aufzuhellen. Bei Lösung dieser Aufgabe gelang es im Wetteifer mit andern Streckenkommissaren, die Technik der Ausgrabungen zu verfeinern und in höherem Grade lehrbar zu machen. Zugleich begann die monographische Bearbeitung einzelner römischer Gefäßgattungen, zum Teil in Form von Bonner Dissertationen. Noch durfte ich bei der Errichtung der römisch-germanischen Reichsanstalt in Frankfurt a. M. mitwirken, dann aber habe ich mich für die römisch-germanische Forschung aufs Altenteil zurückgezogen: die Leistungen der jüngeren Generation übertreffen gerade auf diesem Gebiet alles Frühere, und es freut mich nur, daß ich in ihren Reihen viel liebe, mir nächststehende Schüler grüßen kann.

Wenn die Arbeit an den mykenischen und römisch-germanischen Altertümern mehr durch äußere Verhältnisse an mich herangebracht wurde, so habe ich Studien über griechische Keramik von je mit besonderer Vorliebe getrieben. Es erschien mir aber geboten, die griechischen Vasen nicht einseitig als Kunstwerke, sondern als das, was sie doch meist sind, Massenerzeugnis des Handwerks und Handelsware zu betrachten, namentlich den nichtattischen Fabrikationszentren nachzuspüren, insonderheit dem Anteil der Griechen ionischen Stammes an Vasenfabrikation und Vasenhandel nachzugehen, nach Möglichkeit ferner zu untersuchen, wie weit sich die Absatzgebiete großer Handelsplätze wie Milet, Chalkis und Ägina erstrecken, dem Verkehr zwischen Mutterstadt und Kolonie nachzuforschen, daneben aber auch der Entstehung und Wanderung der Typen. Freilich heißt es hier mehr als irgendwo: »Viel gesponnen und wenig gewebt.«

Trotzdem haben die Mitglieder der Akademie, unter ihnen Männer, zu denen ich seit einem Menschenalter mit stets wachsender Verehrung emporschaue, mir die hohe Ehre erwiesen, mich in ihren Kreis aufzunehmen und mich dieser großartigen Arbeitsorganisation einzugliedern. Das Vertrauen, das sich darin ausspricht, kann ich nur mit tiefstem Dank und dem Gefühl ernster Verpflichtung erwidern. Ich danke Ihnen und werde mitarbeiten, so gut ich kann. Vor allem werde ich danach streben, daß in enger Fühlung mit klassischer Philologie und alter Geschichte auch die Archäologie dazu beitrage, immer mehr das Ideal der Altertumswissenschaft zu verwirklichen, wie A. Böckh und H. Usener es geschaut haben.

Erwiderung des Sekretars Hrn. Diels.

Sehr geehrter Hr. Kollege! Wenn ein Fernstehender die Schilderung Ihres Bildungsganges, die Sie soeben gegeben haben, hört, könnte er zu der Meinung gelangen, ein blindes Ungefähr habe Sie

zu den ergebnisreichen Forschungen geführt, die Sie den mykenischen und römisch-germanischen Altertümern gewidmet haben. Allein, wer Ihre Lebensarbeit genauer kennt, weiß, daß ein innerer Zwang Sie nötigte, zur richtigen Zeit sich den Problemen zuzuwenden, die gerade Ihrer Forschereigentümlichkeit angepaßt waren und gleichsam auf Sie gewartet zu haben schienen. Nicht ästhetisches Wohlgefallen und der Reiz der Form, der Reinhard von Kekule, Ihren Lehrer und Vorgänger, zu dem Schönen und Zierlichen Ihrer archäologischen Wissenschaft gelockt hatte, sondern der Ihnen angeborene Trieb, den inneren Zusammenhang und die äußere Folge der Objekte zunächst ohne Rücksicht auf den kunsthistorischen Wert wissenschaftlich festzustellen, bestimmte Ihre archäologische Laufbahn. Dieser Trieb war es, der den jungen Bonner Doktor veranlaßte, sich der Epigraphik zu widmen, der den Stipendiaten des Archäologischen Instituts mit unwiderstehlicher Gewalt dazu trieb, die durch Schliemanns Spaten aufgedeckten Reste des vorhistorischen Hellas aus dem phantastischen Dämmer des Dilettantismus in das helle Licht der Wissenschaft zu rücken, der endlich die Erforschung des römischen Limes aus irreführenden Deutungsversuchen zu gesicherter Scheidung der Anlagen und ihrer Strukturen fortschreiten ließ. Indem Sie die ehemals von den Ästheten achtlos beiseite geworfenen Reste uralten Töpferhandwerks, die in Millionen von Scherben auf den mykenischen Burgen umherliegen, sorgfältig sammelten und nach Form und Technik chronologisch festlegten, gewannen Sie in jenen verachteten Scherben gleichsam die Leitmuscheln der prähistorischen Schichten und schufen dadurch ein festes Rückgrat für alle weitere Forschung auf klassischem und nichtklassischem Boden.

Aber auch da, wo Sie in Ihren archäologischen Arbeiten die Glanzzeiten und Meisterwerke der hellenischen Kunst behandeln, ist Ihre historische Grundlinie kenntlich, die sich bemüht, die bildliche Tradition im Zusammenhange zu erkunden und so das Einzelwerk an seinen richtigen Platz in der Entwicklung zu stellen.

Wer den Umfang und den Wert Ihrer Leistungen nur nach dem beurteilen wollte, was Sie selbst davon schriftlich niedergelegt haben, würde auch nicht entfernt den Reichtum Ihrer wissenschaftlichen Ernte ermessen können. Mit einer Selbstlosigkeit, die in der Geschichte der modernen Wissenschaft beispiellos dasteht, haben Sie die Früchte Ihrer Intuition und Ihres Nachdenkens Freunden, Schülern und Schülerinnen zu pflücken verstattet. Der größte Teil der heute archäologisch beflissenen jüngeren Gelehrten arbeitet mit Ihrem Material, Ihren Methoden, Ihrem Enthusiasmus. Die reichen Spenden, die Sie in Ihren Vorlesungen, Übungen und Vorträgen auf Ihre begeisterten Zuhörer

ausgießen, fließen aus einem schier unerschöpflichen Borne selbsterworbener wissenschaftlicher Erkenntnis. Indem wir Sie, den erprobten Führer der deutschen Archäologie, in unserer Mitte herzlichst willkommen heißen, hoffen wir, daß Sie nunmehr auch uns, Ihre Kollegen, recht oft an den Mysterien Ihrer Forschung teilnehmen lassen werden; wir wünschen aber zugleich, daß diese Ihre Mitteilungen und Entdeckungen nicht in unseren Protokollen begraben werden, sondern in unseren Schriften veröffentlicht in die weitesten Kreise dringen mögen!

Darauf wurden folgende Gedächtnisreden gehalten, von Hrn. Rubner auf Hermann Munk, von Hrn. Roethe auf Erich Schmidt.

Gedächtnisreden.

Gedächtnisrede des Hrn. Rubner auf Hermann Munk.

Am 1. Oktober 1912 ist Hermann Munk von uns gegangen. Trotz seines hohen Alters hatte er sich merkwürdig frisch erhalten. Zwar warf auch hier der Tod seine Schatten voraus, aber doch erst wenige Monate vor seinem Scheiden war der gesundheitliche Zusammenbruch auch den Näherstehenden unverkennbar, und viele mag sein Verlust ganz unerwartet betroffen haben.

Hermann Munk war im Februar 1839 in Posen geboren; er bezog mit 16 Jahren 1855 die Universität Berlin, zunächst mit dem Wunsche, Jurist zu werden. Allein dieser Gedanke hatte nicht lange vorgehalten, denn wir sehen Munk alsbald als Studierenden der medizinischen Fakultät. Unter den Professoren der letzteren hatte zu jener Zeit namentlich Johannes Müller einen überragenden Einfluß auf die Jugend, und diesem vermochte sich auch Hermann Munk nicht zu entziehen. Unserer Alma mater zu Berlin ist er mit einer einsemestrigen Unterbrechung bis zum Ende seines Studiums treu geblieben. Von den damaligen Dozenten haben außer Johannes Müller namentlich du Bois-Reymond, Virchow und Traube auf ihn Einfluß geübt. Vor allem war es unter den theoretischen Disziplinen in erster Linie die Physiologie, zu der er sich hingezogen fühlte. Ein Jahr nach Johannes Müllers Tode wurde er promoviert, und nunmehr schloß er sich enger an du Bois-Reymonds Schule an. Der Drang zu experimenteller Forschung war so nachhaltig, daß dieser über seine ganze Zukunft entschied. Schon mit 23 Jahren (1862) habilitierte er sich für Physio-

logie, und 1869 wurde er zum außerordentlichen Professor an der Universität Berlin ernannt. Die erste Periode seiner wissenschaftlichen Tätigkeit umfaßt die Zeit bis 1876. Im allgemeinen bietet sie wenig Charakteristisches. Außer einer exakten Methodik, die ihm schon damals zu eigen war, bewegten sich Munks Gedankengänge im wesentlichen in den Bahnen der damals von du Bois-Reymond inaugurierten Muskel- und Nervenphysiologie.

Wichtige Arbeiten dieser Periode sind in dem Buche »Untersuchungen über das Wesen der Nervenerregung« 1868 zusammengestellt und E. du Bois-Reymond und L. Traube zugeeignet.

Erst mit dem Jahre 1876, als Hermann Munk Professor der Physiologie an der Tierarzneischule geworden war, beginnt bei ihm diejenige Art wissenschaftlicher Tätigkeit, welche seinen Namen unter die hervorragenden Forscher einreihte. Fritsch und Hitzig hatten damals ihre Versuche über die Hirnreizung auch Hermann Munk vorgeführt; da entstand in ihm der Wunsch, das Großhirnproblem, wenn auch von einer andern Seite aus, anzugreifen. Dieses Forschungsgebiet ist es gewesen, dem er dann, man kann sagen bis zu seinem Lebensende, treu geblieben ist. Wohl seine fruchtbarste Zeit waren die Jahre 1877—1889.

Die Gallsche Schädellehre, die zuerst 1798 bekannt geworden und wenige Jahre später als religionsgefährlich durch ein kaiserliches Handschreiben verboten worden war, nahm bekanntlich einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen einzelnen Geistestätigkeiten und ihrem Sitz in bestimmten Teilen des Gehirns an, der auch in der äußeren Schädelform zum Ausdruck kommen sollte, wie Lavaters Physiognomik einen engen Zusammenhang zwischen Gehirn und den beweglichen Zügen des Gesichts behauptete. Die Gallsche Lehre stieß später auf lebhaften Widerstand und wurde allmählich von der Wissenschaft ganz über Bord geworfen.

An Stelle der strengen Lokalisation traten für ein halbes Jahrhundert die etwas verschwommenen Ideen Flourens, dahingehend, daß jeder Teil des Großhirns bei der Zerstörung eines andern die Funktion des Zugrundegegangenen übernehmen könne.

Erst gegen das Jahr 1870 beginnt ein neuer experimenteller Aufschwung der Großhirnlehre. Gegen die Hypothese Flourens sprachen schon lange die praktischen klinischen Erfahrungen. Es war bekannt, daß ein bestimmter Zusammenhang von Großhirnteilen mit bestimmten Organen des Körpers gegeben sei. Das lehrten die zahlreichen Beobachtungen bei Blutungen in der Großhirnhemisphäre mit Aufhebung des Bewußtseins, Störungen der Sprache und Lähmungen an der der Blutung entgegengesetzten Seite des Körpers.

Es war ein wesentliches Verdienst von GOLTZ, daß er durch eingehende experimentelle Untersuchungen zeigte, in welchem Umfang dauernde Ausfallserscheinungen nach Hirnoperationen vorkommen. Was FLOURENS mit Unrecht als allgemeines Gesetz ansah, ist nur in beschränktem Maße richtig. Es kann eine Hemisphäre für die andere eintreten, einzelne symmetrische Stellen können sich ergänzen, und auch innerhalb einer Hemisphäre kommen zweifellos Ersatzvorgänge vor.

Mit großem Erfolge haben zur selben Zeit FRITSCH und HITZIG die Untersuchung des Großhirns mittels elektrischer Reizung unternommen und dabei festgestellt, daß sich Lokalisationen in weitgehendstem Maße nachweisen lassen. Sie haben vor allem die Bewegungszentren aufgefunden und anatomisch näher bestimmt. Die Zentren setzen die Muskelgruppen der gegenüberliegenden Seite in tetanische, der natürlichen Kontraktion ähnliche Erregung.

Diese Tatsachen sind bei weiterer Nachprüfung als durchaus zutreffend anerkannt worden und bilden auch heutzutage einen wichtigen Teil der Lehre von den Hirnfunktionen. Nach den späteren Untersuchungen an höheren Affen liegen die motorischen Zentren namentlich an Gyrus centralis anterior und entsprechen in ihrer Lage, von oben nach unten gerechnet, so den Organen, daß zu oberst die Bewegungen der Bein- und der Beckenmuskel ausgelöst werden; die untersten Teile sind die Zentren der Kaumuskeln und Stimmbänder.

Durch die Arbeiten von FRITSCH und HITZIG wurde nun HERMANN MUNK, wie schon erwähnt, angeregt, sich dem Problem der Erforschung des Großhirns zuzuwenden. Wenn er auch später einzelne Fragen der Physiologie des Kleinhirns und des Rückenmarks berührt hat, so blieb doch das Großhirn das engere Feld seiner experimentellen Tätigkeit.

HERMANN MUNK stellte sich zunächst die Aufgabe, die Lokalisationen der von den Sinnesorganen ausgehenden Empfindungen zu studieren. Eine gewisse Lokalisation schien durch verschiedene pathologische Erfahrungen bewiesen, einen großen Teil der Hinterhauptslappen rechnete man zum Gesichtssinn, von dem Schläfenlappen glaubte man, daß er zum Gehörsinn Beziehungen habe. HERMANN MUNK bemühte sich aber seit 1876 in rastloser Arbeit, diese Gehirnlokalisation sensibler Eindrücke wirklich einwandsfrei festzustellen und exakt zu begrenzen (Über die Funktion der Großhirnrinde, II. Aufl. 1890).

Naturgemäß konnte der Weg nur der sein, durch Wegnahme einzelner Teile des Gehirns die Ausfallerscheinungen aufzufinden. Der Deutung solcher Experimente stehen außerordentlich große Schwierigkeiten entgegen, weil ja schon die Feststellung der nach der Operation

eintretenden Veränderungen oft monatelange Beobachtungen der Tiere erforderlich macht und zugleich Ausgleichsvorgänge, d. h. Übernahme geschädigter Funktionen durch andere Teile des Gehirns mit in den Kreis der Erwägung gezogen werden müssen. Aber Munk war ein Meister der Geduld. So beschäftigte er sich mit der genauen Umgrenzung der Sehsphäre, der Hörsphäre, der Fühlsphäre und der Aufklärung der Bedeutung der Stirnlappen beim Hund, der Taube, dem Kaninchen und Affen.

Als Ergebnis seiner Versuche nahm er streng begrenzte Bereiche der Sinnesempfindungen am Großhirn an, und den Gedanken der Lokalisation führte er in den äußersten Konsequenzen durch. Nach seiner Theorie wurde die ganze Hirnrinde zum Projektionsfeld aller auf den Körper treffenden Sinneseindrücke.

Mit Vorliebe behandelte er die Beziehung der Augen zur Großhirnrinde, ihr Projektionsfeld sollte gewissermaßen alle Besonderheiten der Netzhaut wiedergeben. Zuerst werden die Eindrücke nach den Rindenzellen geleitet, von da zu anderen Zellen, in denen das Verständnis des Gesehenen aufkeimt. So kam er zu den Begriffen Rindenblindheit und Seelenblindheit. Wie sicher er beobachtete, mag vielleicht aus der Tatsache entnommen werden, daß er auf Grund seiner Untersuchungen eine teilweise Kreuzung der Optikusfasern annahm, die auch späterhin auf anderem Wege erwiesen wurde.

Seine Anschauungen sind nicht ohne Widerspruch geblieben, und wenn auch über einzelnes heute etwas andere Auffassungen geltend gemacht werden mögen, so ist es doch sein unbestrittenes Verdienst, die Lokalisation der Sinnessphären durch experimentelle Beweise zu einem gesicherten Teil der Lehre vom Großhirn gemacht zu haben.

Seit 1880 gehörte Hermann Munk unserer engen Gemeinschaft an, und manche seiner wichtigen Forschungen sind zuerst in ihrem Kreise der Öffentlichkeit übergeben worden. Was ihn vor allem kennzeichnete, war die außerordentliche Konsequenz, mit der er ein aufgenommenes Problem durchführte. Mit eiserner Arbeitskraft und einer Zähigkeit ohnegleichen prüft er neue Einwände und versuchte seine Ergebnisse allseitig zu stützen. Mit gleicher Beharrlichkeit hielt er auch an der einmal ins Auge gefaßten Orientierung seiner Forschungsweise und an den von ihm ersonnenen Methoden fest. Sie waren ihm souveräne Mittel der Forschung.

Er verzichtete darauf, seine Ergebnisse etwa mit den anatomischen Verhältnissen in einen Ausgleich zu bringen, und ebenso fern lag es ihm, die mikroskopische Untersuchungsmethodik für seine Probleme anzuwenden. Zwei Naturen waren in ihm vereinigt, die eines tadellosen Experimentators, der seine Resultate nicht eher bekannt gibt,

als bis sie die nötige Sicherheit gewonnen haben, und die eines Gelehrten, der sich gelegentlich auch etwas weiter als üblich vom Experiment entfernte und dabei seinen Deduktionen oft mehr Bedeutung beimaß als den grundlegenden Untersuchungen selbst.

Hermann Munk führte durchaus das Leben eines stillen zurückgezogenen Forschers; an Äußerlichkeiten war ihm nichts gelegen, nach außen ist er wenig hervorgetreten. Ein glückliches Heim, das Laboratorium als Arbeitsstätte und eine wissenschaftliche Gesellschaft zum Austausch seiner Gedanken befriedigten alle seine Wünsche.

Wir alle wissen, mit welchem lebhaften Interesse Hermann Munk der Akademie zugetan war. Seine Persönlichkeit wird unter uns unvergessen sein, auch wenn der letzte seiner Zeitgenossen aus diesem Kreise geschieden ist. Die Wissenschaft aber wird seiner Werke allezeit mit Stolz und Dankbarkeit gedenken.

Gedächtnisrede des Hrn. Roethe auf Erich Schmidt.

Wir sind es gewohnt, jahraus jahrein werter geschiedener Mitglieder in Wehmut zu gedenken und uns über ihren Verlust zu trösten durch das Bewußtsein dessen, was von ihrem Wirken fortlebt. Und doch: uns schlägt das Herz lebhafter, da wir Erich Schmidt Lebewohl sagen sollen. Ein lebensfroher, im besten Sinne liebenswürdiger Mensch, von Glück und verdientem Erfolg seit jungen Jahren getragen, eine Persönlichkeit, die überall erfrischend, belebend, sieghaft im Nahen und Weiten wirkte und das sehr wohl fühlte, an den Beifall gewöhnt, ja gerade vom großen Publikum fast verwöhnt, ist er uns doch stets der brave Kamerad wissenschaftlicher Arbeit gewesen, ein unbedingt getreuer, redlicher und zuverlässiger Gelehrter unermüdlichen Fleißes, ein strenger und bewußter Philologe, eine reine, bescheidene, einfache Seele, der der gewohnte Respect vor einem so spröden Forscher wie Karl Lachmann sein Leben lang eine lebendige spornende Kraft blieb. Es entspricht seinem eigensten Wunsche, wenn ich in diesen Worten mich knapp und schlicht halte.

Die Akademie hat sich Erich Schmidt nur zögernd geöffnet. Sie fürchtete die Lockungen und Gefahren, die sein Forschungsgebiet ernster Arbeit unzweifelhaft bereite, und hat ihn erst durch acht Berliner Jahre geprüft, ehe sie ihn wählte, wesentlich auf Grund seiner gelehrten und methodisch vortrefflichen Ausgabe der »Xenien«. Sie hat jene Wahl wahrlich nie bereut. An der Vorbereitung der Deutschen Commission war er entscheidend beteiligt: von seiner zierlichen Handschrift liegt in unserm Archiv der erste Entwurf zur Reorgani-

sation des Deutschen Wörterbuchs; er hat die Humboldtausgabe fest geleitet und, in den Vorstadien von Seuffert unterstützt, mit hingebenden Opfern an Zeit und Gedanken die Wielandausgabe begonnen, von der er keine Seite ungeprüft in den Druck ließ. So gern wir seinen fesselnden Vorträgen lauschten, er war uns doch vor allem ein verläßlicher Arbeiter, der sich der Akademie nie versagte, so oft er sonst mit seiner Zeit kargen mußte.

In Jena geboren, dem er familienhaft verbunden zeitlebens eine stille Liebe bewahrte, der Sohn des bekannten Zoologen, hat Schmidt ein gut Teil seiner Kindheit in Graz verlebt, dann in Schulpforta, der Fürstenschule, deren er stets mit stolzer Liebe gedachte, den Grund zu seiner ausgezeichneten humanistischen Bildung gelegt, in Straßburg durch Scherer die entscheidenden wissenschaftlichen Anregungen erhalten: Würzburg, Straßburg, Wien, Weimar wurden die kurzen Etappen einer glänzend aufsteigenden Laufbahn, die ihn auch in das Leben des Hofes und zu kräftiger organisatorischer Tätigkeit führte. Berlin hat er schließlich ein Vierteljahrhundert angehört, und er ist von Herzen gerne hier gewesen. Er hat deutsches Land und Volk im Süden und Norden und in der Mitte kennen, lieben, verstehen gelernt, und er suchte sich seine Helden in den verschiedensten Landschaften. Zum Franken Goethe trat der Schwabe Uhland; aber schon die Wahl Lessings für sein Hauptwerk deutete darauf hin, daß in dem Sohne des preußischen Vaters ein Zug zu norddeutschem Wesen lebte. Wie gut er Preußentum verstand, hat er bei Heinrich von Kleist bewiesen. Die Genialen, Extravaganten lagen ihm sonst weniger; er bevorzugte stets die Tüchtigen, hatte sogar eine Vorliebe für Dichter, in denen der Gelehrte mittat, wie eben für den Humanisten aus Kamenz und den Germanisten aus Tübingen. Aber in Heinrich von Kleist fühlte er den ringenden schweren preußischen Ernst und hat sich warmherzig zu ihm bekannt, auch in der Bindung süddeutscher und norddeutscher Art seinem großen Lehrer Wilhelm Scherer nicht unähnlich, dem Wiener, dessen sittliche Energie ihn von jeher nach Preußen, nach dem Berlin Karl Lachmanns und Karl Müllenhoffs zog.

Noch so mancher unter Ihnen, verehrte Collegen, ist Scherers Genosse in der Akademie gewesen. Hr. Kirchhoff hat hier einmal in seiner Antrittsrede die neue, die Epigonenzeit in Gegensatz gestellt zu der heroischen Periode vor einem halben Jahrhundert. Scherer hatte noch etwas von jener heroischen Art, er, der als Jüngling durch einen großen Wurf die Sprachwissenschaft umschuf und dann Schlag auf Schlag der deutschen Literaturgeschichte neue Aufgaben, Gebiete, Methoden in unerhörter schöpferischer Kraft eroberte, ein großer Lehrer eben durch diese nie versiegende Fruchtbarkeit, die dem Schüler

den Mut und die Sehnsucht weckte mitzuschaffen auf diesem philologischen Neuland, zu dessen Bearbeitung er zugleich mit den trefflichsten Werkzeugen ausstattete. Erich Schmidt hat dem Meister stets die Treue gehalten; wenn von jenem jungfräulichen Boden heute ein gut Teil bebaut vor uns liegt, so hat Schmidt daran ein sehr wesentliches Verdienst. Aber in der Art seiner Arbeit war er doch ein ganz anderer.

Scherer trat seine Eroberungszüge mit leichtem Gepäck an: der große Forscher besaß keine ungewöhnliche Gelehrsamkeit; vielseitig belesen, orientierte er sich mit genialer Sicherheit und drang dann methodisch, aber mutig, — manche fanden: tollkühn, — vorwärts ins Weite und ins Tiefe. Erich Schmidt hat auf die reiche Ausrüstung stets viel mehr Wert gelegt; auch in fremden Literaturen, zumal im classischen Altertum, war er weithin sicher zu Hause; er zeigte mit heiterem Stolz seine gute italienische Belesenheit; es stand ihm aus Gedächtnis und Notizen überraschend viel zu Gebote; sein Faustcommentar legt davon das beste Zeugnis ab. Dagegen stand sein Sinn nicht nach ideengeschichtlichem Höhenflug, auch nicht nach der hypothetischen Ergründung der ersten unerhaltenen Ansätze durch höhere Kritik: bei dem »Urfaust«, den ihn ein freundlicher, wohlverdienter Zufall entdecken ließ, einer für Weimarer Hofvorlesungen bestimmten Redaction Goethes, beruhigte er sich gerne und versagte sich Scherers weiter zurückführenden Untersuchungen vielleicht zu entschieden. Hermann Grimms »Makroskopie«, die Scherer doch imponierte, hat Schmidt freundlich abgelehnt, so fern ihm jede Kleinigkeitskrämerei lag. Das feste, gut und vielseitig fundierte Aufbauen des Einzelnen, zumal der bedeutenden Persönlichkeit, des fruchtbaren Motivs, das lag ihm mehr am Herzen, und rastlos mehrte er, ein bei aller Fühlung mit Welt und Leben doch außerordentlich Fleißiger, seine Materialien. Er war ein gelehrter Mann, und das verleugnen auch die Darstellungen keineswegs, mit denen er sich, wie er das liebte, an weitere Kreise der Gebildeten wandte. Der Jüngling freute sich der Kraft leichtverständlicher Rede, bei der etwa auch ein Schwarzwälder Bäuerlein mitkonnte; wo es galt, Lebende zu ehren, da behielt er immer die leichte, herzliche, unbelastete Beweglichkeit; aber seine anderen Reden und Vorträge, schon aus bester Manneszeit, lassen in Anspielungen, in prägnanten Worten, zumal Adjectiven, mehr gedrängtes Wissen, mehr Gelehrsamkeit, wenn auch »anmutige Gelehrsamkeit«, durchfühlen, als das dem Verständnis immer erwünscht ist. Aber Erich Schmidt wollte das nicht anders: das war sein Stil, der Stil des Gelehrten.

Die sichre Erfassung der geschichtlichen Einzelerscheinung kennzeichnet den Philologen, und das philologische Gewissen blieb in

Schmidt immer wach und wacker. Schon sein mittelhochdeutscher Erstling über Heinrich von Rucke, der einen melancholischen und einen sanguinischen Lyriker, die in den Handschriften confundiert sind, mit muntrem Vertrauen sondert, zeigt seine gute Art: der kritischen Untersuchung schließen sich hübsche, vielversprechende Sammlungen an, stilistischer, motivischer, inhaltlicher Parallelen voll, die bereits offenbaren, daß der Blick des jungen Mannes die deutsche Literatur in ihrer vollen Ausdehnung zu überschauen sucht. Die liebevoll saubre Betrachtung auch des Technischen und Sprachlichen hat sich Schmidt stets bewahrt; schon setzt hier 1874 z. B. die Geschichte einiger Lieblings- und Modereime ein, die er dann in den stoffreich reizvollen »Reimstudien« von 1900 und 1907 für die neuere Dichtung und die ungewöhnlichen Reime ergänzt. Jener mittelalterliche Anfang war ihm überhaupt nicht, wie manchem seiner engern Fachgenossen, ein bald vergeßner Berg von Hirsebrei, durch den er ins gelobte Land der neuren Literatur sich quälen mußte: er hat stets Wert darauf gelegt, die ganze deutsche Literatur zu beherrschen, nicht Specialist für ein paar classisch-romantische Decennien zu werden. So machte es ihm besondere Freude, das Volkslied, dessen Geschichte ihm bis zuletzt warm am Herzen lag, rückwärts nach Motiven, Stil und Sprache zu verfolgen und Heines Tannhäuserlied mit dem mittelalterlichen Vaganten in Verbindung zu bringen. Und mit dem Humanismus wohl vertraut, wußte er ungewöhnlich gut auch im 15. bis 17. Jahrhundert Bescheid. Er freute sich der guten sprachlichen Sicherheit, die ihm in Zeitläuften freie Bewegung gestattete, vor denen viele seiner literarhistorischen Collegen wohl begründete Scheu haben. Seine Entwicklung der Faustgestalt im Reformationszeitalter packt noch heute durch weitsichtige, geistesgeschichtliche Kraft; er hat einen talentvollen elsässischen Dramatiker des 16. Jahrhunderts sorgsam herausgegeben, hat sich um das lateinische Drama, zumal den genialen Naogeorg bemüht, den Studentendramen jener Zeit eine jugendlich muntre Überschau gegönnt, der er viel später noch Studien zur Studentensprache folgen ließ. Und was hätte die Allgemeine deutsche Biographie anfangen sollen ohne diesen rüstigen Schilderer eines bunten Allerleis frühneuhochdeutscher Poeten und Poetaster, an denen er sich für die Meisterschaft biographischer Skizzen weidlich zu üben Gelegenheit hatte. All das Nebenwerke, die doch im Bilde nicht fehlen durften und die ihm wert waren, weil sie ihm den Blick weiteten und die Methode festigten; noch als er in die Akademie eintrat, hat er größere Arbeiten aus der Reformationszeit geplant.

Aber mit innerer Notwendigkeit zog es ihn dann doch immer ausschließlicher in die große Zeit unserer Literatur. Mit glänzendem

Griff hat er in seinem vielleicht frischesten Werk GOETHES Werther zwischen seine englischen und französischen Muster, zwischen Vorbilder und Nachfolger gestellt, in einer unbefangenen, siegesgewissen Gestaltungsfreude, die sich bewußt war, daß solche vielseitig warme Beleuchtung noch kein deutsches Dichtwerk erfahren hatte. Die Lust am vollen lebendigen Erfassen des Einzelnen feierte hier Triumphe; und wie bei HEINRICH VON RUCKE deuten interessante Beiwagen und Extraposten darauf hin, daß der Wertherfreund keine Scheuklappen trug, sondern rechts und links vom Wege hübsche Blumen zu pflücken wußte. Der Sturm und Drang hat noch manch flottes biographisches Bild getragen: LENZ, KLINGER, WAGNER hat er flüchtiger als den Werther gezeichnet, aber überall mit der reichen Fragestellung, die seine Forschung stets begleitet. Steht er der genial ausschlagenden Kraft skeptisch gegenüber, so studiert er an KLOPSTOCKS Jugendlyrik, ihren Varianten und Parallelen, mit sauberer Gewissenhaftigkeit die Geheimnisse kunstbewußter Stilentwicklung und gelangt von da zu einer seiner trefflichsten kleinen Porträtskizzen, die von der strengen philologischen Grundlage kaum mehr etwas merken läßt. Dann endlich der »Lessing«, das große Werk, als solches, als ein Lebensziel mutig und früh in Angriff genommen und ein treuer Begleiter dieses Lebens. Dem Philosophen DANZEL tritt hier der philologische Literarhistoriker gegenüber. Nicht jeder wird SCHMIDT überall die Palme reichen. Die theologisch-philosophischen Capitel des Lebensendes sind bei regster, zäher, immer fortdauernder Arbeit doch nicht ganz zu der Herrschaft über den Stoff gelangt, die die rein literarischen Partien auszeichnet. Aber ein männlicher Geist weht durch das stattliche Werk. Der Philologe grüßt und versteht im stolzen Gefühl der Zusammengehörigkeit den großen philologischen Kritiker, Denker und Dichter. Und zum erstenmal wurde die philologisch-historische Methode hier an eine Aufgabe dieses Gewichts gesetzt. Die Dreiheit des Erlebten, Ererbten, Erlernten kommt gleichmäßig zu ihrem Recht; kein Seitenweg wird gescheut, der zu einer erhellenden Lichtquelle führen kann; keine Kleinigkeit, die den Mann kennzeichnet, bleibt unbeachtet; aber auch die größten Züge und Bewegungen der Zeit schwingen gebührend mit. Nicht so stark wie in JUSTIS »Winckelmann«, wo das wundervolle römische Milieu den Helden vorübergehend fast zur Staffage macht. Wieviel armseliger war doch die Welt, in der LESSING existieren mußte! Es ist die Dürftigkeit dieser Existenzsphäre, die den rechten Rahmen für das bedeutende Porträt erschwert. Die Unsumme der Einzelheiten wirkt hier und da kleinlich, aber sie spiegelt eine kleinliche Umwelt und soll sie spiegeln: denn sie ist der Drache, mit dem dieser Held ringen muß, wie oft im kleinen Geplänkel! So zeugt ein unbehaglicher

Rest dieser Kleinlichkeit nur für des Biographen ehrlichen Wahrheitssinn. Schon daß wir neben diesem »Lessing« eben nur Justis »Winckelmann«, keineswegs Hayms »Herder« zu nennen vermögen, macht ihm hohe Ehre. Denn nur an vollendeten Biographien darf er gemessen werden; gerade für den Biographen ist Anfangen sehr viel leichter und lohnender als Abschließen. Und am wenigsten darf etwa die schöne geistige Geschlossenheit eines Diltheyschen Essais oder die großzügige Stoffwahl Grimmscher Goethevorlesungen den Maßstab hergeben, will man dieser erschöpfenden Biographie, die einen methodischen Gedanken durchführt, gerecht werden.

Das literarische Porträt ist für Schmidt immer mehr in den Vordergrund gerückt. Seine Anforderungen haben ihn noch in der Berliner Rectoratsrede von 1909 beschäftigt, die in vielem, zumal auch in der übergroßen Fülle berührter Probleme, an die Wiener Antritts- und Programmrede des 27 jährigen mit ihrem »Wald von Fragezeichen« erinnert. Ihn reizte die Vielheit des Fragens; er hatte kein Bedürfnis, sie auf eine Einheit zurückzuführen, ein Centrum der Persönlichkeit zu suchen oder gar zu construieren. Der heiter Schauende mit seinen offenen Augen sah die Vielheit der Lebensäußerungen an sich mit Entzücken vorüberziehen, sah sie in Bewegung und Zusammenhang, in Freiheit und Notwendigkeit; er erfaßt ihren Rhythmus, hört die Ober- und Untertöne; aber die Centralmonas lockt ihn nicht: Zufall und Widerspruch gehört ihm mit zu Leben und Persönlichkeit. So hat er denn auch die wesentlich ideengeschichtliche oder gar die rein ästhetische Behandlung der deutschen Literatur, ihren Aufbau auf philosophischer Grundlage, stets mit gesundem Mißtrauen angesehen. Gewiß, der Philologe muß, wenn er der großen Zeit unsrer Classiker naht, mit der schöpferischen Philosophie jener Tage ebenso innige Fühlung suchen, wie er für die Literatur des 13. Jahrhunderts die romanische Philologie, für das 16. Jahrhundert die Kirchengeschichte, für das 19. Jahrhundert oft genug Politik und Naturforschung zur Hilfswissenschaft braucht. Aber bei hoher Wertschätzung der induktiven Ästhetik, die er selbst an der Poetik der Naturvölker übte, bei warmer Bewunderung für Diltheys individuell schauende Kraft, ward Schmidt nie daran irre, daß Literaturgeschichte eben eine historische Disciplin ist, die als Grundlage die Form im engeren und weiteren Sinne zu behandeln hat, also durchaus philologisch begründet werden muß. Diese heitere feste Gewißheit gab ihm eine Ruhe, wie sie sein ebenbürtigster Altersgenosse Jakob Minor in unbefriedigt ringendem Suchen immer wieder verlor, was kein Vorwurf sein soll. Sie ließ ihn duldsam lächeln bei Bemühungen um die besondere »Literaturwissenschaft«, die etwas ganz anderes sein wollte als Geschichte und

Philologie, lächeln über die Geschichtsconstructeure, die haarklein wußten, nicht nur was kam, sondern »was kommen mußte«. Theoretische Auseinandersetzungen liebte er nicht, wie sie productive Geister zuweilen scheuen. Aber der friedliche Mann wußte doch scharf die Klinge zu wetzen, wo er die Grundsätze der Philologie oberflächlich mißachtet sah. Er legte von jeher Wert auf ernsten Respect vor der Wissenschaft, auf philologische Strenge, verlangte vornehme »anständige« Popularität, das um so mehr, da er diese Popularität selbst nicht ungern übte: aber er nahm sie kaum leichter als die fachmännische Arbeit. Er verschmähte es nicht, mit seiner Wissenschaft auf das Leben zu wirken, wie er für sie aus dem Leben des Tages schöpfte. Er freute sich warmherzig und fast demütig, wenn Dichter, die er liebte, wie Storm, Fontane und Freytag sich ihm persönlich gaben; und so selten er in die Tagespresse schrieb, mit ihren Vertretern hat er dauernd eine gewisse Fühlung gehalten, nicht nur, weil viele davon seine Schüler waren, sondern weil er auch da die Zeugen des rollenden Lebens sah. Es war ein guter Schererscher Grundsatz, daß aus der Gegenwart die Vergangenheit erhellt werden muß.

Noch die sinkende Hand hat uns eine mit liebevoller Sorgfalt nach den Originalen geprüfte und umsichtig commentierte Neuausgabe der Briefe Carolinens beschert; vorangegangen war die Ausgabe der Werke Heinrich von Kleists mit ihren bei aller Kargheit höchst eindrucksvollen Einleitungen, die mir besonders wert sind. Unter seiner Leitung erschien die akademische Wielandausgabe, durch die er eine alte Schuld einlöste, ein altes, schon in der Wiener Antrittsrede citiertes Wort Goethes erfüllte. Mit allerliebsten kleinen Publikationen schmückte er manchem Feiernden den Festtisch. Vor allem, er verließ den ihm sehr lieben Boden Wiens, wo er in jugendlicher Schönheit und Beweglichkeit ein Liebling der Gesellschaft war, um in Weimar das Goethearchiv und die Goetheausgabe zu leiten. Er selbst wußte am besten, wieviel Bände der Sophienausgabe heute schon der Erneuerung bedürften: wir haben an dieser kritischen Ausgabe alle gelernt; sie hat in ihrem Fortgang Probleme gestellt, die man am Anfang nicht ahnte. Aber die Geschichte der deutschen Philologie wird es Erich Schmidt nie vergessen, mit wie hellem Auge und mit wie opferfroher Wärme er jene große Aufgabe in Angriff genommen hat. Schließlich ist die Edition doch der Prüfstein des Philologen. Die Herausgeberfreude, die keine Mühe scheut, zum reinen Text durchzudringen, die große Gelehrsamkeit aufbietet, um eine dunkle Zeile zu deuten, sie hat Erich Schmidt bis ans Ende ungemindert begleitet: bezeichnet sie nicht die erfolggekrönten Höhen seines Schaffens, so war sie der feste solide Boden, auf dem alle seine Arbeit ruhte.

Er wußte wahrlich: »Der Buchstabe tötet, aber der Geist macht lebendig.« Aber er wußte auch: wer den Buchstaben nicht ehrt, dem wird sich auch der Geist nicht offenbaren.

»Des Volkes Schätze sind in Eure Hand gegeben; bewahret sie!«, so rief Mommsen dem in die Akademie eintretenden jungen Freunde zu. Wie Erich Schmidt redend und schreibend ins Enge und Weite gewirkt hat, davon will ich hier nicht sprechen: ein Chorus warmer und treuer Stimmen hat ihm über seinem Grabe dafür gedankt, die des hinreißenden Jünglings wie des gütigen lebenspendenden Mannes herzlich gedachten. Wenn heute die feste philologische Fragestellung, die tüchtige Erschöpfung des Materials, der reiche literarische Zusammenhang bei jeder ernsthaften Arbeit aus der neueren Literaturgeschichte selbstverständlich geworden ist, so hat nächst Scherer Erich Schmidt dafür gesorgt. Die Zukunft wird manches, was er und die Seinen gestaltet haben, wohl zarter, tiefer, weiter fassen, vielleicht auch stärker die Einheit in der Vielheit suchen. Von seiner Treue im Großen und im Kleinen, von seiner redlichen Strenge gegen sich selbst, die aller Wärme des Vortrags, allem Glanz der Darstellung, allem Geist der Auffassung nie erlag, von seiner weitreichenden, treu gepflegten Gelehrsamkeit werden auch die kommenden Literarhistoriker nur zu lernen haben. Er selbst hat stets, Unberufene abwehrend, großen Wert darauf gelegt, sich wissenschaftlich in »guter Gesellschaft« zu befinden: wir sehen rückschauend den geschiedenen Freund in der besten. Im ehrlichen Dienst der Wahrheit hat sich der Biograph Lessings mit seinem Helden und dessen Herausgeber Lachmann stets einig gefühlt; wo gäbe es dem Philologen einen feineren Ruhm?

Sodann erfolgten Mitteilungen betreffend die Preisaufgabe der Charlotten-Stiftung und das Stipendium der Eduard Gerhard-Stiftung.

Preisaufgabe der Charlotten-Stiftung.

Nach dem Statut der von Frau Charlotte Stiepel geb. Freiin von Hopffgarten errichteten Charlotten-Stiftung für Philologie wird am heutigen Tage eine neue Aufgabe von der ständigen Commission der Akademie gestellt:

»Es wird eine Sammlung der Fragmente der älteren Akademiker (mit Einschluss von Herakleides und Eudoxos) und auf dieser Grundlage eine Darstellung des Schulbetriebs der Akademie in dieser Epoche gewünscht.

Da diese Aufgabe in der zur Verfügung stehenden Zeit nicht befriedigend gelöst werden kann, so soll ein beliebiger Ausschnitt (z. B. über Philippos) als Probe zur Bewerbung eingereicht werden.«

Die Stiftung der Frau Charlotte Stiepel geb. Freiin von Hopffgarten ist zur Förderung junger, dem Deutschen Reiche angehöriger Philologen bestimmt, welche die Universitätsstudien vollendet und den philosophischen Doctorgrad erlangt oder die Prüfung für das höhere Schulamt bestanden haben, aber zur Zeit ihrer Bewerbung noch ohne feste Anstellung sind. Privatdocenten an Universitäten sind von der Bewerbung nicht ausgeschlossen. Die Arbeiten der Bewerber müssen spätestens am 1. März 1914 6 Uhr Abends im Bureau der Akademie eingeliefert sein. Sie sind mit einem Denkspruch zu versehen; in einem versiegelten, mit demselben Spruche bezeichneten Umschlage ist der Name des Verfassers anzugeben und der Nachweis zu liefern, dass die statutenmässigen Voraussetzungen bei dem Bewerber zutreffen. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen.

In der öffentlichen Sitzung am Leibniz-Tage 1914 ertheilt die Akademie dem Verfasser der des Preises würdig erkannten Arbeit das Stipendium. Dasselbe besteht in dem Genusse der Jahreszinsen (1050 Mark) des Stiftungscapitals von 30000 Mark auf die Dauer von vier Jahren.

Stipendium der Eduard Gerhard-Stiftung.

Das Stipendium der Eduard Gerhard-Stiftung war in der Leibniz-Sitzung des Jahres 1912 für das laufende Jahr mit dem Betrage von 2400 Mark ausgeschrieben. Diese Summe ist dem Privatdocenten an der Universität Berlin Hrn. Dr. Gerhart Rodenwaldt zur Erforschung der Textilornamentik in der kretisch-mykenischen Cultur zuerkannt worden.

Für das Jahr 1914 wird das Stipendium mit dem Betrage von 2400 Mark ausgeschrieben. Bewerbungen sind vor dem 1. Januar 1914 der Akademie einzureichen.

Nach § 4 des Statuts der Stiftung ist zur Bewerbung erforderlich:

1. Nachweis der Reichsangehörigkeit des Bewerbers;
2. Angabe eines von dem Petenten beabsichtigten durch Reisen bedingten archäologischen Planes, wobei der Kreis der archäologischen Wissenschaft in demselben Sinn verstanden und anzuwenden ist, wie dies bei dem von dem Testator begründeten Archäologischen Institut geschieht. Die Angabe des Planes muss

verbunden sein mit einem ungefähren sowohl die Reisegelder wie die weiteren Ausführungsarbeiten einschliessenden Kostenanschlag. Falls der Petent für die Publication der von ihm beabsichtigten Arbeiten Zuschuss erforderlich erachtet, so hat er den voraussichtlichen Betrag in den Kostenanschlag aufzunehmen, eventuell nach ungefährem Überschlag dafür eine angemessene Summe in denselben einzustellen.

Gesuche, die auf die Modalitäten und die Kosten der Veröffentlichung der beabsichtigten Forschungen nicht eingehen, bleiben unberücksichtigt. Ferner hat der Petent sich in seinem Gesuch zu verpflichten:

1. vor dem 1. December des auf das Jahr der Verleihung folgenden Jahres über den Stand der betreffenden Arbeit sowie nach Abschluss der Arbeit über deren Verlauf und Ergebniss an die Akademie zu berichten;
2. falls er während des Genusses des Stipendiums an einem der Palilientage (21. April) in Rom verweilen sollte, in der öffentlichen Sitzung des Deutschen Instituts, sofern dies gewünscht wird, einen auf sein Unternehmen bezüglichen Vortrag zu halten;
3. jede durch dieses Stipendium geförderte Publication auf dem Titel zu bezeichnen als herausgegeben mit Beihülfe des Eduard Gerhard-Stipendiums der Königlichen Akademie der Wissenschaften;
4. drei Exemplare jeder derartigen Publication der Akademie einzureichen.

Verleihung der Leibniz-Medaille.

Schliesslich verkündigte der Vorsitzende, dass die Akademie die von Sr. Majestät dem Kaiser und König an Allerhöchstseinem Geburtsfeste am 27. Januar 1906 gestiftete Leibniz-Medaille zur Ehrung besonderer Verdienste um die Förderung der Aufgaben der Akademie verliehen habe

a) in Gold: dem Professor Dr. Georg Schweinfurth in Berlin;
b) in Silber: dem Professor an der deutschen landwirtschaftlichen Akademie in Tetschen Dr. Joseph Emanuel Hibsch,
dem Praecisionsmechaniker Karl Richter in Berlin,
dem Archivrath Dr. Hans Witte in Schwerin und
dem Professor Dr. Georg Wolff in Frankfurt a. Main.

Adresse an Seine Majestät den Kaiser und König zum fünfundzwanzigjährigen Regierungsjubiläum am 16. Juni 1913.

Allerdurchlauchtigster und Großmächtigster Kaiser und König!
Allergnädigster Kaiser, König und Herr!

Der festliche Tag, der es Euerer Majestät vergönnt, auf ein gesegnetes Vierteljahrhundert kaiserlichen und königlichen Wirkens zurückzuschauen, ruft auch die Akademie der Wissenschaften an die Stufen des Thrones, den ehrerbietigen Dank für die Vergangenheit mit warmen Wünschen für die Zukunft zu vereinen. Die Akademie, des ersten Preußenkönigs Schöpfung, gedenkt mit Stolz des verständnisreichen Vertrauens und der mitwirkenden Förderung, an die ihre königlichen Schutzherren sie durch zwei Jahrhunderte gewöhnt haben. Wohl verwehrt der Wandel der Zeiten dem deutschen Kaiser jene patriarchalische Beteiligung an akademischen Festen und Arbeiten, durch die einst in engerem Rahmen Preußens Könige die Akademie geehrt und erfreut haben. Um so kostbarer ist uns die Gewißheit, daß Euere Majestät nicht nur in königlicher Pflichterfüllung, sondern aus echtem Interesse an den Fortschritten, an dem weitergreifenden Reichtum der Wissenschaft unser Schaffen verfolgt. Die beiden eindrucksvollen Gedenkfeiern, zu denen die Akademie sich um ihren erhabenen Protektor scharen durfte, leben unverblaßt in unserm Gedächtnis, dank den bedeutenden Anregungen, Mahnungen, Gaben, die sie uns aus Euerer Majestät Munde, durch Euerer Majestät Gnade gebracht haben.

Geistige Blüte ist nicht an Frieden und Reichtum gebunden: nie hat die Akademie einen größeren inneren Aufschwung erlebt, als durch die unvergleichliche Anspannung jener schweren armen Kriegeszeit vor 100 Jahren. Daß aber die außerordentliche wirtschaftliche Entwicklung, die dem Deutschen Reiche unter Euerer Majestät friedlicher Leitung beschieden war, wie sie Deutschland immer tiefer in das zentrale Getriebe des Weltverkehrs rückte, wie sie über die Meere sich streckte und immer neue Kräfte der Natur dem Leben und Wohlstand des Volkes dienstbar machte, auch der Erkenntnis den Gesichtskreis ge-

weitet, neue Aufgaben gestellt, neue Mittel zugeführt hat, wie sollten wir das nicht in dankbarer Befriedigung rühmen? Die Regierung Euerer Majestät hat der Akademie eine Ausdehnung ihrer großen Unternehmungen ermöglicht, wie sie undenkbar wäre ohne das tatkräftige Interesse, mit dem Euere Majestät immer wieder darauf bedacht war, der reinen Wissenschaft einen Anteil an den wachsenden Hilfskräften des Landes zu sichern. Große systematische Werke bauen sich heut in unserm Kreise auf, die, was in früheren Jahrzehnten nur England und Frankreich wagen konnten, die Reiche der Tiere, der Pflanzen, ja der Sterne umspannen; aus Altertum und Neuzeit, aus Christen- und Heidenwelt, aus Schriftsprache und Mundart, aus fernem Osten und nächster Heimat sammeln, ergründen, deuten wir Worte und Texte; und immer höher türmen sich die Ziele, denen wir in gesammelter Kraft zuzustreben den Mut fassen. Afrika ist auch für die Akademie ein Lieblingsboden der Forschung geworden; die deutsche Flagge weht auch für deutsche Wissenschaft über den Ozean. Dankbar sind wir uns bewußt, daß nur Euerer Majestät unmittelbare Unterstützung uns hier im Plankton die Erforschung primitiver Lebensformen, dort in der Ausgabe der Werke Wilhelms von Humboldt ein Denkmal höchster Geisteskultur gestattet hat. Und es entsprach ganz dem Geiste der Zeit, die in der Geschichte den Namen Euerer Majestät tragen wird, als es der Berliner Akademie zufiel, die Akademien der Welt zur Begründung einer internationalen Vereinigung auf deutschen Boden zu laden. Die große Leibnizausgabe, zu der sich das anregende Paris mit dem meistbeteiligten Berlin verbunden hat, baut uns eine Brücke von den weltumspannenden Wissenschaftsträumen unsers geistigen Begründers herüber zu diesen Tagen, da Euerer Majestät Herrscherwille sich überall einsetzt für den friedlichen und freundschaftlichen Wettbewerb der Völker.

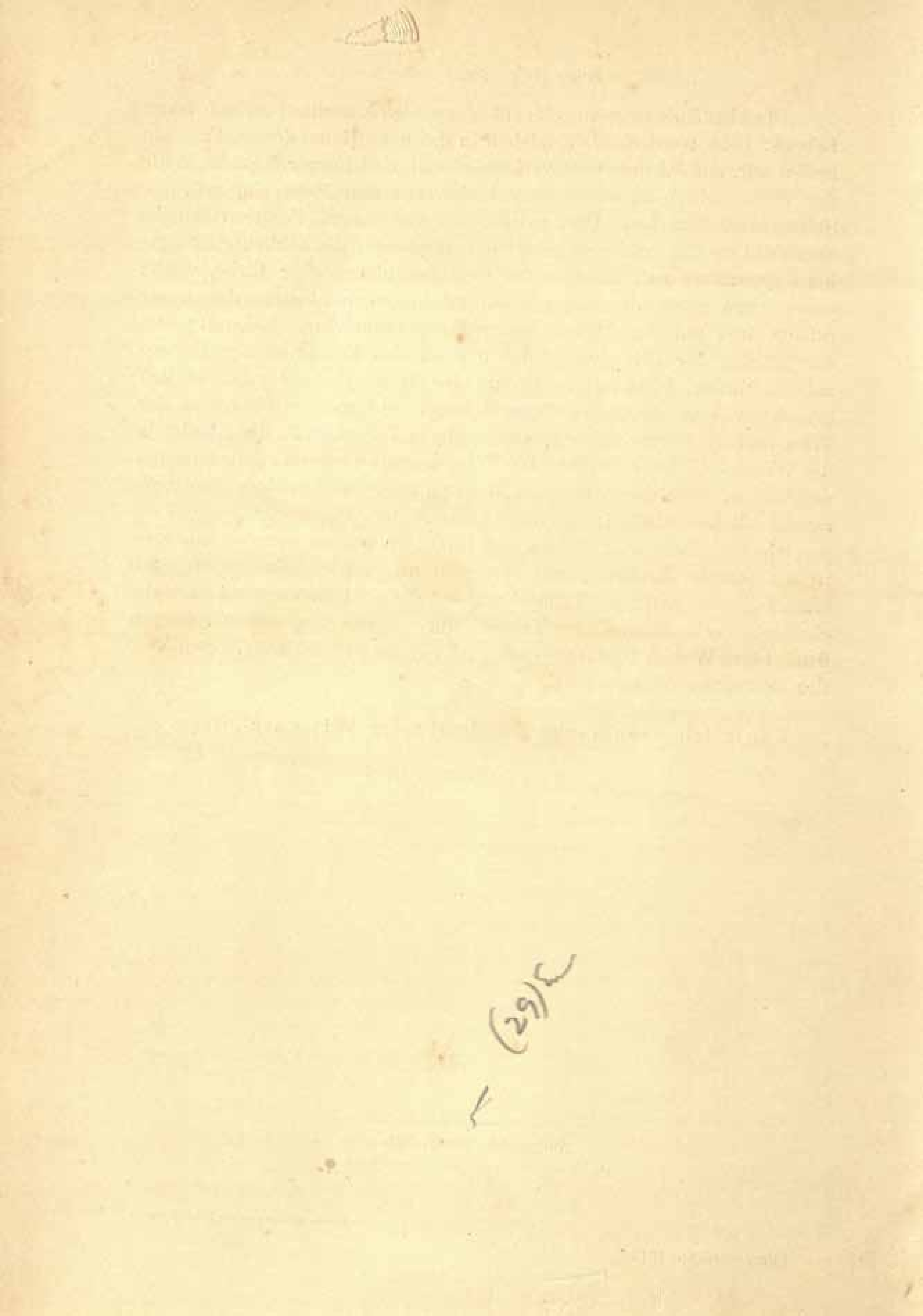
Die Bahnen der Geschichte sind nicht geradlinig; große Ereignisse inneren und äußeren Lebens können neue Kräfte erwecken; die Genialität des Einzelnen kann der Arbeit der Vielen ungeahnte Wege weisen. Aber dem Rückschauenden stellt sich die Tätigkeit der Akademie in diesen 25 Jahren als ein überraschend einheitliches Ganzes dar, das Zukunft haben wird, weil es für die Zukunft schafft: Organisation der wissenschaftlichen Arbeit im großen Stil, breite und feste Grundlegung, von der aus kommende Geschlechter mit ganz anderer Sicherheit aufwärts ringen können, als es unsern geistesmutigen Vorgängern gestattet war. Bewährt sich diese Epoche wissenschaftlicher Arbeit, wie wir vertrauen, so wird der Name Euerer Majestät mit ihr aufs engste verbunden sein: schon fühlen wir Zusammenhänge voraus, die künftige Zeiten in deutlicher Klarheit erkennen werden.

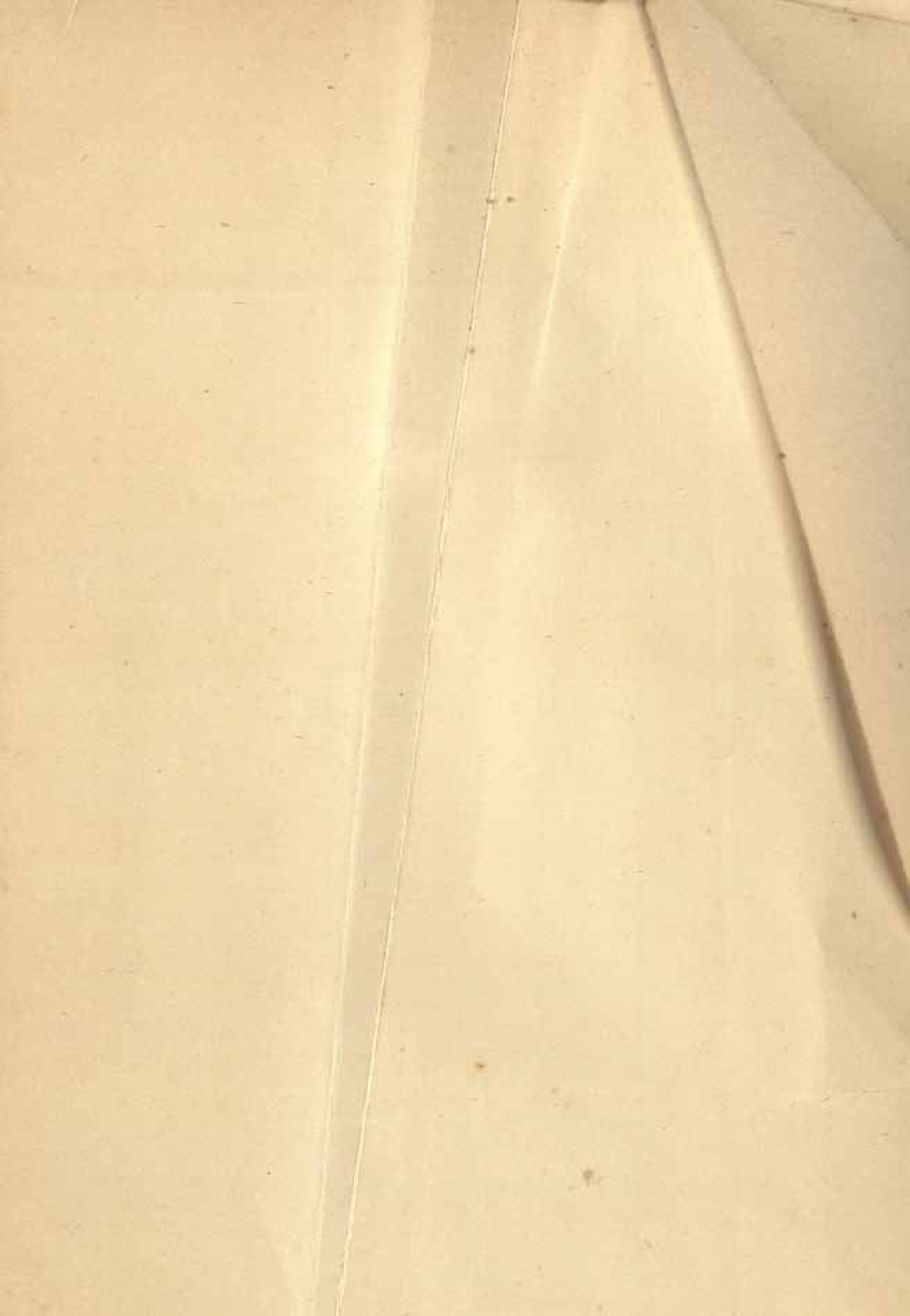
Die Akademie steht vor einem bedeutenden Einschnitt ihres äußeren Lebens: bald werden wir einziehen in das neue Haus, dessen Fries, so hoffen wir, auf Jahrhunderte verkünden soll, daß Euerer Majestät Wille der Wissenschaft an altvertrautem, bevorzugtem Platz eine würdige Stätte geschaffen hat. Dort mahnt uns vor unsern Fenstern Rauchs Standbild an den großen Erneurer der Akademie; das schlichte Königshaus gegenüber ruft die treusten Gefühle anhänglicher Liebe wach; unser Auge grüßt die Kuppel des mächtigen Schlosses, das unser Stifter einst mit den Mitteln hoher Kunst schmückte. Lebendig sind die Mächte der Erinnerung, die uns an das Königtum der Hohenzollern binden, lebendig die Mächte der Dankbarkeit, die uns täglich gemahnen, was wir Euerer Majestät heller und warmer Freude an der Wissenschaft, Euerer Majestät hochherzigem Vertrauen zu der Akademie der Wissenschaften schulden. Die Wissenschaft überbrückt alle Grenzen der Völker, aber der nationalen Wurzeln kann sie trotzdem nicht entraten, soll sie gedeihen; und die Akademie der Wissenschaften rechnet es sich zu Pflicht und Ruhm, auf ihren Pfaden im ernsten und getreuen Dienste für König und Vaterland nirgend zurückzustehen. So erneut sie am heutigen Tage ihrem erhabenen Protektor das Gelübde ehrfürchtiger unwandelbarer Treue. Möge Euerer Majestät ein langes fruchtbares Walten beschieden sein, zum Heile Deutschlands, Preußens, der deutschen Wissenschaft!

Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften.

Ausgegeben am 3. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.









"A book that is shut is but a block"
CENTRAL ARCHAEOLOGICAL LIBRARY
GOVT. OF INDIA
Department of Archaeology
NEW DELHI.
Please help us to keep the book clean and moving.
S. B., 148. N. DELHI.